KEMENTERIAN PENDIDIKAN DAN KEBUDAYAAN
DIREKTORAT JENDERAL PENDIDIKAN MENENGAH
DIREKTORAT PEMBINAAN SEKOLAH MENENGAH KEJURUAN

KURIKULUM SMK 2013

BIDANG KEAHLIAN: 1. TEKNOLOGI DAN REKAYASA
PROGRAM KEAHLIAN: 1.18 TEKNIK ENERGI TERBARUKAN
PAKET KEAHLIAN: TEKNIK ENERGI BIOMASSA (062)

16. MATA PELAJARAN : BIOGAS

BUKU TEKS
BAHAN AJAR SISWA SMK

16.2. KONSTRUKSI REAKTOR BIOGAS

Semester 4

.

Jakarta, Desember 2013

Kurikulum SMK 2013

Bidang Keahlian 1.
TEKNOLOGI DAN REKAYASA

Program Keahlian 1.18
TEKNIK ENERGI BARU TERBARUKAN

Paket Keahlian 062
TEKNIK ENERGI BIOMASSA

Mata Pelajaran 3.16
BIOGAS

Semester 4

BUKU TEKS BAHAN AJAR SISWA SMK

KONSTRUKSI REAKTOR BIOGAS

Diterbitkan oleh:

DIREKTORAT PEMBINAAN SMK
Direktorat Jenderal Pendidikan Menengah
Kementerian Pendidikan dan Kebudayaan

Edisi 1
Jakarta, Desember 2013

KATA PENGANTAR

Ketahanan dan ketersedian energi nasional merupakan salah satu pilar terpenting dalam pembangunan suatu negara. Indonesia sebagai sebuah negara yang sedang berkembang pesat memerlukan banyak energi. Sayangnya energi yang digunakan berasal dari energi fosil yaitu minyak bumi, batu bara dan gas. Seiring dengan eksploitasi energi fosil yang berlebihan, baik sebagai pilar teknologi maupun komoditas, cadangan energi fosil Indonesia hanya bertahan dalam hitungan belasan tahun saja, jika eksplorasi terhadap sumber-sumber energi fosil tidak berhasil menemukan sumber-sumber minyak bumi, gas dan batu bara yang baru. Untuk itulah Indonesia kini sedang berlomab dengan bangsa-bangsa lain di dunia dalam mengembangkan dan menggunakan semaksimal mungkin energi terbarukan di dalam perencanaan energi baurannya.

Untuk mengantisipasi kelangkaan energi, pemerintah telah mengundangkan Undang-undang No 30 tahun 2007 tentang Energi, dimana dalam implementasinya pemerintah telah menetapkan Ketahanan Energi sebagai salah satu dari sebelas prioritas pembangunan nasional Kabinet Indonesia Bersatu II tahun 2009-2014. Prioritas program Ketahanan Energi ini pun akan tetap menjadi prioritas pembangunan pada tahun-tahun berikutnya. Selain itu melalui Peraturan Pemerintah no 5 Tahun 2006 tentang Kebijakan Energi Nasional, pemerintah menetapkan bahwa 17% energi bauran berasal dari sumber energi terbarukan. Bahkan seiring dengan peningkatan konsumsi energi nasional yang begitu banyak menghabiskan devisa negara untuk mensubsidinya, pemerintah pun sedang merancang peraturan, bahwa 25% energi bauran berasal dari energi terbarukan. Target pemerintah ini tidaklah berlebihan, mengingat Indonesia sangat kaya dengan sumber-sumber energi terbarukan yang bersumber dari panas bumi, angin, bioenergy/ biomassa, sinar matahari, aliran dan terjunan air, serta gerakan dan perbedaan suhu lapisan laut.

Target pembangunan energi terabrukan sebanyak 25% dari energi bauran itu hanya akan berhasil dan bermanfaat bagi masyarakat Indonesia apabila didukung dengan sumberdaya manusia yang memiliki kompetensi dalam penyediaan, pemanfaatan dan pengusahaan energi terbarukan. Salah satu sumber daya manusia yang dibutuhkan adalah teknisi tingkat menengah bidang energi terbarukan yang dihasilkan oleh SMK-SMK yang tersebar luas di seluruh penjuru negara.

Untuk itulah Direktorat Pembinaan SMK pada tahun 2013 ini telah melakukan review terhadap Spektrum Pendidikan Menengah Kejuruan, dimana salah satu rekomendasinya memasukan Teknik Energi Terbarukan sebagai salah satu Program Keahlian di dalam

Bidang Keahlian Teknologi dan Rekayasa. Program Keahlian Teknik Energi Terbarukan memiliki tiga Paket Keahlian yaitu:

1) Paket Keahlian Teknik Energi Hidro (no. Kode 060)
2) Paket Keahlian Teknik Energi Surya dan Energi Angin(no. Kode 061)
3) Paket Keahlian Teknik Energi Biomassa (no. Kode 062)

Program Keahlian Teknik Energi Terbarukan meiliki tujuan umum yaitu menghasilkan lulusan teknisi tingkat menengah yang memiliki kompetensi untuk bekerja dalam bidang penyediaan, pengusahaan dan pemanfaatan energi dari sumber energi terbarukan. Sedangkan tujuan khsusu yang ingin dicapai adalah mengembangkan kompetensi siswa agar mampu:

1) Membentuk sikap profesional, yakni bekerja cepat, tepat, produktif, kreatif, inovatif dan kompetitif serta mengikuti prosedur atau kode etik yang berlaku.
2) Memupuk kemampuan interaksi sosial, yaitu berkomunikasi, jujur dan memiliki integritas, inisiatif, beradaptasi, dan dapat bekerjasama dengan orang lain baik secara formal maupun informal.
3) Memasang, mengoperasikan, memelihara instalasi sistem energi terbarukan.
4) Merencanakan dan mengorganisasikan pekerjaan serta memecahkan masalah sesuai tanggung jawabnya sebagai teknisi bidang energi terbarukan
5) Memilih dan membuat komponen dan peralatan sistem pemanfaatan energi terbarukan.
6) Melakukan studi kelayakan pemanfaatan energi terbarukan, baik untuk pembangkit listrik, mekanik maupun panas.
7) Mengelola instalasi pemanfaatan energi terbarukan, baik untuk pembangkit listrik, mekanik, maupun panas.

Setiap paket keahlian terdiri dari sejumlah mata pelajaran untuk dasar bidang keahlian, dasar program keahlian maupun mata-mata pelajaran untuk paket keahlian. Paket Keahlian Teknik Energi Biomassa memiliki sejumlah mata pelajaran diantaranya mata pelajaran Biogas. Untuk melaksanakan kompetensi-kompetensi dasar di dalam mata pelajaran ini, Direktorat Pembinaan SMK mengembangkan tiga buku teks, yaitu Teknik Pemasangan Bata dan Plesteran, Konstruksi reaktor Biogas, dan Pengelolaan Biogas.

Dengan mempelajari buku teks Konstruksi Reaktor Biogas ini diharapkan para siswa memiliki pengetahuan dan keterampilan dalam dalam mebuat reaktor biogas skala rumah tangga hingga 18 m^3, sehingga pemanfaatan energi biogas dari kotoran ternak dapat menyebar di seluruh Indonesia dan memberikan manfaatn bagi masyarakat dan negara.

Penulis

Daftar Isi

Daftar Gambar

Daftar Tabel

Glosarium

Biogas plastik	:	Istilah untuk reaktor biogas yang bahan utamanya sebagian besar terbuat dari plastik. Disamping itu ada juga reaktor yang berbentuk tabung dan terbuat dari *fibreglass*.
Bio-slurry	:	Adalah kotoran hewan yang telah melalui proses fermentasi dan keluar dari *overflow* pada *outlet*. Bio-slurry tidak berbau sama sekali dan dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik.
Energi terbarukan	:	dapat diartikan sebagai energi non fosil, dimana massa yang menyimpan energi tidak dihancurkan atau dikonsumsi ketika energi yang terkandung didalamnya dimanfaatkan.
Fixed dome	:	Istilah untuk reaktor biogas yang terbuat dari konstruksi batu dan beton sehingga tidak dapat dipindah-pindah. Sistem ini lebih mudah pemeliharaannya dibanding biogas plastik.
Hara	:	adalah zat yg diperlukan tumbuhan atau hewan untuk pertumbuhan, pembentukan jaringan dan kegiatan hidup lainnya, diperoleh dari bahan mineral, misal zat putih telur, zat arang, vitamin dan mineral.
Hivos	:	Institut Humanis untuk Kerjasama dengan Negara-negara Berkembang yang berkedudukan di Negeri Belanda dan mempunyai perwakilan di Jakarta.
IDBP	:	Indonesia *Domestic Biogas Programme*, dikelola dan dilaksanakan oleh *Hivos*dengan asistensi teknis dari SNVdidukung penuh oleh Kementrian Energi dan Sumber Daya Mineral (ESDM) Indonesia dan didanai oleh Kedutaan Besar Kerajaan Belanda di Jakarta.
Inlet	:	Atau tangki pencampur adalah tempat mencampur kotoran hewan dengan air sebelum dialirkan ke dalam *digester* melalui pipa *inlet*.

Kubah (*dome*)	:	Kubah atau *dome* adalah tempat menampung gas dari hasil proses fermentasi kotoran hewan yang terjadi di dalam *digester*.
Manhole	:	Adalah lubang yang menghubungkan *digester* dengan *outlet* yang berfungsi untuk menyalurkan *bio-slurry* keluar menuju *outlet* dari *digester.* Disamping itu juga *manhole* berfungsi sebagai lubang untuk keluar masuk-nya orang yang akan melakukan pemeliharaan/perbaik-an apabila terjadi disfungsi pada reaktor biogas.
Manometer	:	Adalah alat ukur yang berfungsi untuk mengetahui besarnya tekanan gas yang terdapat pada kubah.
Outlet	:	Atau disebut juga dengan ruang pemisah berfungsi sebagai tempat penampungan *bio-slurry* sebelum dialirkan menuju *slurry pit* melalui *overflow*.
Overflow	:	Lubang kecil pada *outlet* yang berfungsi untuk mengalirkan *bio-slurry* di dalam *outlet* untuk kemudian ditampung pada *slurry pit.*
Pengguna (*User*)	:	Masyarakat yang telah memiliki reaktor biogas yang disubsidi oleh *Hivos*.
Program BIRU	:	Program Biogas Rumah, merupakan program dari IDBP.
Pupuk Organik	:	pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.
Slurry pit	:	Adalah tempat ditampungnya *bio-slurry* setelah proses fermentasi selesai.
SNV	:	Organisasi Pembangunan dari Negeri Belanda juga mempunyai perwakilan di Jakarta.

Supervisor	:	Adalah orang yang telah mengikuti diklat tukang biogas dan *supervisor* dan ditunjuk oleh CPO untuk : 1. Melakukan promosi agar masyarakat yang mempunyai ternak (terutama sapi, kerbau dan babi) mau membangun reaktor biogas (pre-construction). 2. Mengawasi pelaksanaan pekerjaan pembangunan reaktor biogas yang sedang berlangsung (*under construction*) dan sesuai dengan standar *Hivos*. 3. Melakukan penyuluhan kepada user setelah pe-kerjaan pembangunan reaktor biogas selesai dilakukan (*after construction*).
Tangki Pencerna (*Di-gester*)	:	Adalah tempat penampungan kotoran hewan pada reaktor biogas dimana proses fermentasi terjadi.
Tukang Biogas	:	Adalah tukang yang telah dilatih secara khusus dalam pembangunan reaktor biogas yang sesuai dengan standar *Hivos*. Hanya mereka yang diijinkan untuk melaksanakan pekerjaan konstruksi reaktor biogas yang mendapatkan subsidi dari *Hivos*.
Turret	:	Adalah menara kecil yang dibangun di atas kubah yang berfungsi untuk melindungi pipa gas utama.
Water drain atau pe-nguras air	:	Salah satu komponen yang terdapat pada sistem pemipaan instalasi reaktor biogas. *Water drain* dipasang sedemikian rupa sehingga dapat berfungsi untuk membuang air yang terperangkap di dalam instalasi pipa reaktor biogas.
fermentasi	:	penguraian metabolik senyawa organik oleh mikro-organisme (bakteri) yg menghasilkan energi yang pada umumnya berlangsung dalam kondisi anaerobik (kondisi tanpa oksigen).

BAB I. PENDAHULUAN

A. Deskripsi

Buku ini menggunakan system pelatihan berdasarkan pendekatan kompetensi, yakni salah satu cara untuk menyampaikan atau menga-jarkan pengetahuan, penyelesaian soal-soal dan melakukan pekerjaan yang dibutuhkan dalam pemba-ngunan reaktor biogas.

BukuKonstruksi Reaktor Biogas ini meliputi Survei Lokasi, Pemilihan ukuran Reaktor Biogas yang sesuai, Penggalian Lubang *Biodigester*, Pemasangan Lantai Kerja, Penge-coran Lantai Dasar (Pondasi), Pekerjaan DindingTangki Pencerna (*Digester*),Pembuatan Cetakan Kubah, Pengecoran Kubah, Penge-coran Plat Penutup *Outlet*, Pekerjaan *Inlet*, Pekerjaan *Turret*, Pekerjaan *Outlet*, Pekerjaan Instalasi Pipa, Pekerjaan *Slurry pit*, Pekerjaan Instalasi Manometer dan Kompor dan *Finishing* Kubah.

Penekanan utama yang dapat dilakukan setelah mempelajari modul ini adalahpara siswamampu membangun reaktor Biogas yang sesuai dengan standar yang terdapat pada RSNI3 7826:2012 Unit Penghasil Biogas Dengan Tangki Pencerna (*Digester*) Tipe Kubah Tetap dari Beton.

B. Prasyarat

Prasyarat utama yang harus di-penuhi para siswa dalam mempe-lajari buku ini adalah telah menyelesaikan tugas-tugas yang terdapat pada buku Teknik Batu, Beton dan Pemipaan Dasar

C. Petunjuk Penggunaan

Untuk lebih memahami modul ini pada saat mempelajarinya, maka perlu diperhatikan langkah-langkah berikut :

1. Guru yang hendak mengajarkan mata pelajaran ini harus mengikuti pelatihan pembangun-an reaktor biogas terlebih dahulu.
2. Buku ini hendaknya dibaca secara berurut mulai halaman depan hingga halaman terakhir secara bertahap
3. Modul ini dapat dipelajari sendiri atau berkelompok, baik di dalam maupun d luar kelas.
4. Semua tugas wajib diselesaikan oleh semua peserta didik. Pengerjaan tugas yang bersifat teori ditulis pada lembar jawaban terpisah. Pengerjaan tugas yang bersifat praktek dikerjakan di dalam kelas, lab atau lapangan

5. Pada akhir kegiatan akan dilakukan evaluasi hasil belajar berupa tes *essay* dan pilihan ganda, cobalah untuk menja-wabnya tanpa melihat terlebih dahulu kunci jawaban.

D. Tujuan Akhir

Setelah mempelajari buku ini diha-rapkan para siswa dapat:

1. Memahami manfaat serta pro-ses terjadinya biogas.
2. Melaksanakan Survei lokasi serta menentukan layak tidak-nya suatu lokasi untuk pem-bangunan reaktor biogas.
3. Mengenal komponen-komponen reaktor biogas.
4. Melaksanakan pekerjaan kom-ponen-komponen reaktor bio-gas.

E. Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

Kompetensi Inti (KI) dan Kompe-tensi Dasar (KD) yang harus dipahami atau dikuasai oleh peserta didik adalah sebagaimana terdapat pada tabel berikut ini,

Tabel 1.Daftar Kompetensi Inti dan Kompetensi Dasar

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
K1 Menghayati dan mengamalkan ajaran agama yang dianutnya	1.1. Menambah keimanan dengan menyadari hubungan keteraturan dan kompleksitas alam terhadap kebesaran Tuhan yang mencip-takannya 1.2. Menyadari kebesaran Tuhan yang menciptakan dan mengatur semesta alam
K2 Menghayati dan mengamalkan peri-laku jujur, disiplin, tanggungjawab, peduli (gotong royong, kerjasama, toleran, damai), santun, responsif dan pro-aktif dan menunjukkan sikap sebagai bagian dari solusi atas	2.1 Menunjukkan perilaku ilmiah (memiliki rasa ingin tahu; objektif; jujur; teliti; cermat; tekun; hati-hati; bertanggung jawab; terbuka; kritis; kreatif; inovatif dan peduli lingkungan) dalam aktivitas

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
berbagai permasalahan dalam berinteraksi secara efektif dengan lingkungan sosial dan alam serta dalam menempatkan diri sebagai cerminan bangsa dalam pergaulan dunia	sehari-hari sebagai wujud implementasi sikap dalam melakukan percobaan dan diskusi 2.2 Menghargai kerja individu dan kelompok dalam aktivitas sehari-hari sebagai wujud implementasi melaksanakan percobaan dan melaporkan hasil percobaan
K3 Memahami dan menerapkan pengetahuan faktual, konseptual, prosedural, dan metakognitif berdasarkan rasa ingin tahunya tentang ilmu pengetahuan, teknologi, seni, budaya, dan humaniora dengan wawasan kemanusiaan, kebangsaan, kenegaraan, dan peradaban terkait penyebab fenomena dan kejadian dalam bidang kerja yang spesifik untuk memecahkan masalah	3.1 Mendeskripsikankonsep Biogas dan bahan baku 3.2 Mengidentifikasi komponen-komponen reaktor biogas 3.3 Merencanakan pembuatan instalasi reaktor biogas 3.4 Mendeskripsikan prosesbiogas 3.5 Mendeskripsikan pemanfaatan biogas 3.6 Memodifikasi pengemasan slurry 3.7 Mendeskripsikan pemasaran biogas
K4 Mengolah, menyaji, dan menalar dalam ranah konkret dan ranah abstrak terkait dengan pengembangan dari yang dipelajarinya di sekolah secara mandiri, bertindak secara efektif dan kreatif, dan mampu melaksanakan tugas spesifik di bawah pengawasan langsung.	4.1 Melakukan studi kelayakan pembangunan sistem reaktor biogas 4.2 Membuat sistem reaktor biogas 4.3 Membuat reaktor biogas 4.4 Mengoperasikan reaktor biogas 4.5 Memelihara instalasi biogas 4.6 Mengoperasikan kompor dan lampu penerangan biogas untuk dipasarkan 4.7 Mengemas slurry ke dalam

KOMPETENSI INTI (KELAS XI)	KOMPETENSI DASAR
	kemasan unit 4.8 Memasarkan slurry untuk pe-ningkatan pendapatan keluarga.

F. Cek Kemampuan Awal

Untukmengetahui kompetensi atau kemampuan peserta didik, maka kompetensi-kompetensi berikut sudah dipelajari hingga tuntas. Pada prinsipnya pengisian daftar simak ini dapat dilakukan pada awal maupun akhir program.

Tabel 2.Daftar simak kemampuan awal peserta didik

No.	Kompetensi	Ya	Tidak
1.	Apakah anda dapat menjelaskan apa yang dimaksud dengan energi terbarukan?		
2.	Dapatkah anda menyebutkan jenis-jenis energi terbarukan?		
3.	Dapatkah anda menyebutkan apa saja manfaat dari biogas?		
4.	Dapatkah anda menyebutkan komponen-komponen reaktor biogas dengan kubah terbuat dari beton?		
5.	Dapatkah anda menjelaskan tujuan dari dilakukannya Survei Lokasi?		
6.	Dapatkah Anda menjelaskan cara pemilihan ukuran Reaktor Biogas yang sesuai?		
7.	Dapatkah Anda menjelaskan langkah-langkah		

No.	Kompetensi	Ya	Tidak
	Pemasangan Lantai Kerja?		
8.	Dapatkah Anda menjelaskan cara pengecoran Lantai Dasar (Pondasi)?		
9.	Dapatkah Anda menjelaskan cara melaksanakan pekerjaan Dinding *Digester*?		
10.	Dapatkah Anda menjelaskan langkah-langkah pembuatan Cetakan Kubah?		
11.	Dapatkah Anda menjelaskan cara melaksanakan pengecoran Kubah?		
12.	Dapatkah Anda menjelaskan cara pengerjaan Pelat Penutup *Outlet*?		
13.	Dapatkah Anda menjelaskan apa yang dimaksud dengan Pekerjaan *Inlet*?		
14.	Dapatkah Anda menjelaskan apa yang dimaksud dengan Pekerjaan *Turret* dan tujuan penggunaannya?		
15.	Dapatkah Anda menjelaskan langkah-langkah Pekerjaan *Outlet*?		
16.	Dapatkah Anda menjelaskan apa yang dimaksud dengan Pekerjaan Instalasi Pipa dan cara memasangnya?		
17.	Dapatkah Anda menjelaskan Pekerjaan *Slurry pit*?		
18.	Dapatkah Anda menjelaskan cara melaksanakan Pekerjaan Instalasi Manometer dan Kompor?		
19.	Dapatkah Anda menjelaskan apa yang dimaksud *Finishing* Kubah dan apa tujuannya?		
20.	Dapatkah anda menjelaskan bagaimana cara mengemas *slurry* yang baik dan benar?		

BAB II. PEMBELAJARAN

A. Deskripsi

Pembelajaran pada buku ini akan dapat dipahami secara optimal apabila disertai dengan praktek langsung di lapangan. Pembuatan benda jadi akan menjadi pelajaran yang sangat berharga bagi peserta didik. Oleh karena ada dua tahapan penting yang harus diterapkan kepada peserta didik, yaitu:

1. Belajar di dalam ruang kelas, dan
2. Praktek langsung dengan mem-buat benda jadi di lapangan.

Pembelajaran di ruang kelas adalah dengan memberikan teori-teori yang menyangkut dengan pembangunan reaktor biogas, yang diberikan tahap demi tahap sesuai dengan topik yang akan dikerjakan.

Segera setelah sebuah topik selesai diberikan, maka para siswa dengan segera dibawa ke lokasi pekerjaan untuk melaksanakan pembuatan benda jadi.

Pembuatan benda jadi merupakan kerja kelompok, sehingga kerjasama tim sangat ditekankan pada proses pembelajaran ini.

Penambahan sumber informasi melalui internet, video atau buku rujukan akan sangat membantu peserta didik dalam memahami materi yang diberikan.

Informasi lain yang tidak kalah pen-tingnya adalah dengan membawa peserta didik ke lokasi dimana telah ada reaktor biogas yang telah dibangun. Peninjauan ke lokasi dapat dilakukan pada awal, perte-ngahan maupun akhir pembe-lajaran.

B. Kegiatan Belajar

1. Pengertian Biogas

a. Tujuan Pembelajaran

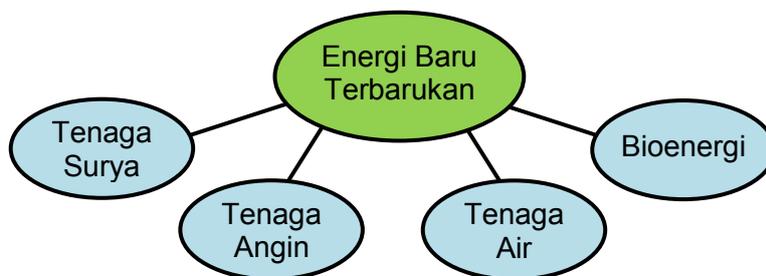
Setelah mempelajari kegiatan bela-jar ini peserta didik diharapkan mampu:

- Mendeskripsikan konsep Biogas dan bahan baku
- Mendeskripsikan proses biogas
- Mendeskripsikan pemanfaatan biogas
- Memodifikasi pengemasan slurry
- Mendeskripsikan pemasaran biogas

b. Uraian Materi

1) Pemanfaatan Biogas

Energi merupakan kebutuhan manu-sia saat ini yang paling penting, karena hampir semua kegiatan manusia modern saat ini tidak terlepas dari peralatan yang meng-gunakan energi, seperti komunikasi, transportasi, penerangan dan sebagainya.Energi yang paling umum digunakan hingga awal abad ke-21 ini adalah energi yang berasal dari fosil (minyak bumi dan batubara misalnya) dan sebagian kecil tenaga nuklir.Gas yang umum kita kenal dan digunakan saat ini yaitu gas elpiji merupakan gas yang berasal dari minyak bumi juga atau disebut juga LPG(*Liquefied Petroleum Gas*). Disamping itu ada juga gas yang disebut dengan gas alam atau LNG (*Liquefied Natural Gas*) yang antara lain digunakan juga untuk kebutuhan rumah tangga di bebera-pa kota besar di Indonesia.

Energi yang berasal dari fosil terutama minyak bumi persediaan-nya sudah sangat terbatas, dan karena keterbatasannya harga akan semakin tinggi. Walaupun demikian manusia sebagai makhluk yang berakal tinggi sudah pasti akan berusaha untuk mencari pengganti energi fosil tersebut. Sebagai pengganti energi fosil yang pasti akan habis adalah energi baru terbarukan (renewable and sustain-able energy). Energi terbarukan dapat diartikan sebagai energi non fosil, dimana massa yang menyim-pan energi tidak dihancurkan atau dikonsumsi ketika energi yang terkandung didalamnya dimanfaat-kan.Energi Terbarukan dapat di-bangkitkan/diperoleh/dihasilkan de-ngan empat cara sebagaimana digambarkan dengan skema pada gambar berikut.

Gambar 1.Skema energi baru terbarukan

a) Tenaga Matahari/Surya (*Solar Photovoltaic*)

Energi yang dihasilkan dari tenaga matahari dapat berupa panas dan listrik.Sinar matahari akan ditangkap oleh *solar cell.*Solar cell inilah yang nantinya akan memproses sinar matahari tersebut menjadi panas atau listrik. Berikut adalah contoh *solar cell* untuk menangkap sinar matahari.

Gambar 2. Contoh *solar cell*

b) Tenaga Angin/Bayu (*Wind Energy*)

Pembangkit listrik adalah pembangkit yang menggunakan tenaga angin untuk memutar turbin yang akan menghasilkan listrik. Sudah tentu lokasi yang ideal untuk pembangkit ini adalah daerah-daerah yang mengalami banyak hembusan angin.Berikut adalah contoh turbin angin untuk mengubah tenaga angin menjadi energi listrik.

Gambar 3. Contoh turbin angin

c) Tenaga Air (*Hydro Power*)

Tenaga air biasanya digunakan untuk memutar turbin yang akan menghasilkan tenaga listrik. Pemanfaatan tenaga air dapat dengan skala besar, sedang maupun kecil.Pemanfaatan dengan skala besar adalah dengan menampung air terlebih dahulu yaitu dengan membuat bendungan.Tenaga listrik yang dihasilkan pada skala besar dapat mencapai ribuan mega-watt sehingga mampu meme-nuhi kebutuhan listrik untuk kota-kota besar. Sedangkan pembangkit listrik tenaga air dengan skala kecil (biasanya disebut dengan PLTMH atau Pembangkit Listrik Tenaga Mikro Hidro) yang dapat menghasilkan listrik untuk memenuhi kebutuh-an pabrik penggilingan teh, misalnya sebagaimana terdapat pada beberapa perkebunan teh di Jawa Barat. Besarnya tenaga listrik yang dihasilkan PLTMH dapat diklasifikasikan sebagai berikut,

Tabel 3.Jenis PLTMH berdasarkan tenaga listrik yang dihasilkan

Jenis PLTMH	***Listrik yang dihasilkan***
Pico hydropower	< 500 W
Micro hydropower	0.5 - 100 kW
Mini hydropower (MHP)	100 – 1 000 kW (=1 MW)
Small hydropower (SHP)	1 MW - 10 MW

Pengadaan PLTMH dapat dila-kukan oleh pemerintah maupun masyarakat.Di beberapa daerah ada PLTMH yang dikelola oleh swasta dan listrik yang dihasil-kan dijual kepada masyarakat atau PLN yang selanjutnya menjualnya kembali kepada masyarakat.

Pembangkit listril yang dibangun oleh masyarakat mempunyai kapasitas atau skala yang berbeda, bahkan ada pembang-kit yang dibangun untuk skala 1 @ 2 rumah tangga, sebagaima-na ditunjukkan oleh gambar di bawah ini.

Gambar 4.Contoh pembangkit listrik sederhana

d) Bioenergi (*Bioenergy*)

Pengertian bioenergi atau dapat juga disebut *biomass* adalah energi yang dihasilkan dari proses pembusukan tadi sebenarnya merupakan proses biokimia yang memerlukan beberapa komponen biokimia, dan yang terpenting diketahui adalah bahwa proses ini hanya dapat berlangsung dalam kondisi anaerob atau tanpa kehadiran oksigen. Sebagai ilustrasi sederhana adalah *septic tank* (tangki limbah kotoran manusia) yang terdapat di rumah tangga modern sekarang ini. Tanpa kita sadari di dalam tangki tersebut sebenarnya telah terjadi proses biokimia yang menghasilkan biogas, dan dalam kondisi anaerob.

Jenis-jenis energi yang dapat dihasilkan dari bioenergi antara lain adalah: bahan-bahan organik. Energi diperoleh melalui peman-faatan biogas dari hasil proses pembusukan tadi. Proses pem-busukan

1. Panas
2. Biogas
3. Biofuel
4. Biodiesel
5. Biojet
6. Gasifikasi

Biofuel dan biodiesel adalah energi sebagai pengganti bahan bakar yang kita kenal selama ini sebagai bensin dan solar dan dapat diguna-kan untuk industri maupun trans-portasi, sedangkan biojet adalah bahan bakar yang digunakan untuk pesawat terbang.Biojet untuk pesawat terbang saat ini sudah diuji coba oleh Agrisoma, salah satu lembaga penelitian dari Kanada. (sumber [5]).

Gambar 5.Penerbangan uji coba dengan menggunakan biojet

Bioenergi dapat diperoleh dari berbagai jenis bahan-bahan organik, dan yang menarik adalah bahan-bahan tersebut dapat dimanfaatkan dari limbah, baik limbah industri, limbah pertanian, limbah

perkebun-an, limbah rumah tangga hingga kotoran manusia dan hewan.

Disamping energi yang terdapat seperti pada gambar 1 di atas, masih ada beberapa sumber energi yang dapat disebut juga energi terbarukan seperti energi panas bumi yaitu energi yang berasal dari sumber air panas yang berada di dalam perut bumi, energi pasang surut yaitu energi yang dihasilkan dengan memanfaatkan terjadinya pasang surut air laut yang terjadi dua kali dalam sehari dan energi tenaga ombak yaitu energi yang dihasilkan dengan memanfaatkan ombak di lautan yang terjadi akibat adanya hembusan angin. Ketiga sumber energi ini hanya terdapat pada tempat yang spesifik, sebagai contoh kita tidak dapat mengha-silkan energi pasang surut di daerah pegunungan misalnya.

e) Keuntungandan kerugian energi terbarukan

Walaupun bioenergi merupakan sumber energi yang selalu dapat diperbarui artinya tidak akan habis akan tetapi energi ini tetap mempu-nyai keuntungan dan kerugian, sebagaimana disebutkan di bawah ini [6].

Keuntungan energi terbarukan:

- Dapat dihasilkan setiap saat secara terus-menerus
- Mempunyai sumber ketersedia-an bahan yang melimpah
- Tidak merusak lingkungan
- Sumber energi dapat dimanfaat-kan secara cuma-cuma dengan teknologi yang dapat disesuai-kan dengan kemampuan inves-tasi
- Tidak memerlukan perawatan yang banyak dan rumit dibandingkan dengan energi konvensional sehingga dapat mengurangi biaya operasional
- Membantu mendorong per-ekonomian danmenciptakan peluang kerja yang luas
- Tidak perlu mengimpor bahan bakar fosil sehingga dapat menghemat devisa serta negara dapat mandiri dalam bidang energi
- Secara ekonomis lebih murah dibandingkan energikonven-sional dalam jangka panjang
- Bebas dari fluktuasi harga pasar terbukabahan bakar fosil
- Beberapa teknologi mudah digu-nakan ditempat-tempat terpencil
- Distribusi Energi bisa diproduksi diberbagai tempat, jadi tidak tersentralisir (terpusat)

Kerugian dari energi terbarukan:

- Biaya awal besar, di samping itu bahan baku sulit didapat jika masyarakat di tempat dimana instalasi pembangkit biogas tidak tersedia, misalnya jika ingin membangun reaktor biogas dari limbah sawit maka di sekitar tempat tersebut harus ada perkebunan sawit.

Untuk meng-atasi hal yang demikian maka sebaiknya pembangunan reaktor biogas disesuaikan dengan ketersediaan pasokan.

- Kehandalan pasokan energi ter-barukan sebagian besar sangat tergantung kepadakondisi cuaca.
- Saat ini, penggunaan energi konvensional menghasilkanle-bih banyak volume yang bisa digunakandibandingkan dengan energi terbarukan, sehingga masih perlu waktu untuk melakukan konversi penggu-naan teknologi dari energi konvensional ke energi terba-rukan.
- Masih kurangnya tradisi/peng-alaman energiterbarukan karena merupakan teknologi yangmasih berkembang

Masing-masing energi terbarukan memilikikekurangan teknis dan sosialnya sendiri.

2) Proses terjadinya Biogas

Sebagaimana telah disebutkan sebelumnya, biogas dapat dihasil-kan dari proses pembusukan bahan-bahan organik, yaitu bahan yang dapat membusuk dalam waktu yang relatif singkat.Contoh bahan orga-nik misalnya adalah tumbuh-tumbuhan termasuk kayu, kotoran ternak, sampah ataulimbah rumah tangga sisa bahan makanan, jerami sisa hasil panen di sawah dan sebagainya.Bedakan dengan bahan nonorganik, seperti plastik misalnya. Plastik yang kita buang ke sembarang tempat menurut bebe-rapa penelitian tidak akan membusuk hingga 50 tahun kemudi-an.

Biogas dapat terjadi akibat adanya fermentasi yaitu penguraian meta-bolik senyawa organik oleh mikro-organisme (bakteri) yg mengha-silkan energi yang pada umumnya berlangsung dalam kondisi anae-robik (kondisi tanpa oksigen).
Contoh hasil fermentasi yang mudah kita temui dalam kehidupan sehari-hari adalah tempe yang berasal dari kacang kedelai dan tapai, baik yang berasal dari sing-kong atau ketela maupun beras ketan.

Biogas yang dihasilkan dari kotoran sapi misalnya juga dapat terjadi akibat adanya fermentasi tadi.Kotoran sapi dimasukkan ke dalam suatu tempat berupa tabung yang disebut dengan *digester* atau tangki pencerna. Proses terjadinya gas di dalam tangki pencerna tersebut dapat terjadi dengan bantuan beberapa bakteri seperti kelompok bakteri fermentatif, bakteri metana dan sebagainya.

Ada beberapa persyaratan agar proses terjadinya gas dapat mak-simal, yaitu:

a) Pelarutan yang konsisten (pengadukan teratur dan merata);
b) Nilai pH atau derajat keasaman.NilaipH yang ideal adalah

7. Jika pH>8 maka sebaiknya ditambahkan kapur untuk mengurangi derajat keasaman yang tinggi, dan jika terlalu rendah atau pH<5 maka perlu tambahan kotoran hewan tanpa campuran air ke dalam tangki pencerna;

c) Temperatur ± 35°C;
d) Perbandingan Carbon-Nitrogen (C:N) yang sesuai;
e) Kadar Racun dari Kotoran ternak harus diperhatikan.
f) Tidak terdapat bahan yang da-pat membunuh bakteri, misalnya air sabun.

Segera setelah kotoran hewan dimasukkan ke dalam tangki pencerna, maka proses terjadinya pembentukan gas akan terjadi dalam waktu antara 2–5 hari kemudian, tergantung kepada kondisi-kondisi yang telah disebut-kan di atas. Setelah gas pertama terjadi maka proses ini pemben-tukan biogas akan berlangsung selama 50 hari, dengan waktu puncak adalah sekitar hari ke 35 [6].

Temperatur sangat menentukan lamanya proses pencernaan di dalam tangki pencerna(*digester*).Bila temperatur meningkat, maka produksi biogas juga akanmening-kat sesuai dengan batas-batas kemampuan bakteri mencerna kotoran hewan tadi atau sampah organik.

Biogas adalah gas yang mudah terbakar.Unsur utama dan terbesar dalam kandungan biogas adalah methane.*Methane* adalah zat yang tidak kelihatan dan berbau.Gas ini berwarna biru dan tidak berasap. Gas ini lebih panas dari minyak tanah, arang, dan bahan bakar tradisional lain.

Komposisi dari biogas adalah umumnya adalah sebagai berikut :

Tabel 4.Komposisi Biogas

No.	**Senyawa**	**Simbol**	**Persentase**
1.	Methane	CH_4	50- 70
2.	Carbon dioxide	CO_2	30 - 40
3.	Hydrogen	H_2	5 - 10
4.	Nitrogen	N_2	1 - 2
5.	Uap Air	H_2O	0.3
6.	Hydrogen Sulphide	H_2S	Sangat kecil jumlahnya

Pada halaman 9 poin d) disebutkan bahwa salah satu syarat agar proses terjadinya biogas maksimal adalah perbandingan Carbon-Nitrogen (C:N) yang sesuai. Yang dimaksud disini adalah bahwa perbandingan antara unsur C dan N pada bahan biogas akan menentukan campuran air yang diperlukan.

Perbandingan antara unsur C dan N dapat dilihat pada tabel berikut ini.Sebagai contoh misalnya untuk pemakaian kotoran sapi sebagai bahan biogas maka perbandingan takaran antara air dengan kotoran sapi adalah 2 : 1, artinya setiap 1 takaran kotoran sapi digunakan air sebanyak 2 takaran.Untuk kotoran babi perbandingan dengan air yang digunakan adalah 1:1.

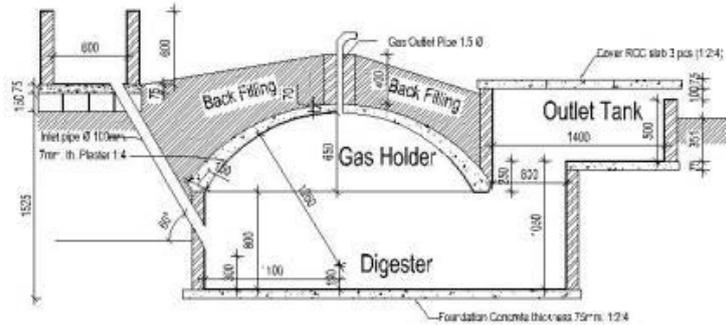
Tabel 5. Perbandingan C dan N pada berbagai jenis material biogas

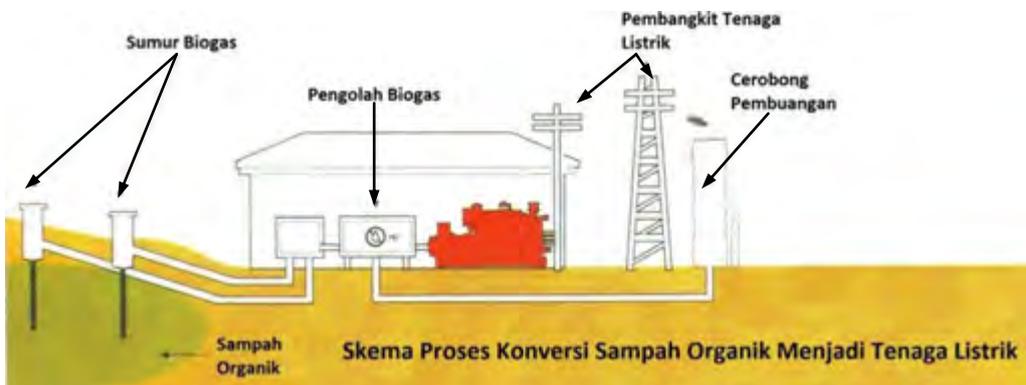
Material	Perbandingan C dan N
Kotoran ternak bebek	8
Kotoran Manusia	8
Kotoran ternak ayam	10
Kotoran kambing	12
Kotoran babi	18
Kotoran domba	19
Kotoran sapi/kerbau	24
Eceng gondok	25
Kotoran gajah	43
Jerami (jagung)	60
Jerami (padi)	70
Jerami (gandum)	90
Serbuk gergaji	200

Sumber [6]

Konstruksi reaktor biogas dapat bermacam-macam bentuk dan tipenya (akan dijelaskan lebih rinci pada subbab Jenis-jenis konstruksi reaktor biogas), bergantung bahan baku yang digunakan.

Untuk reaktor biogas yang menggunakan kotoran hewan sebagai bahan bakunya dapat digunakan jenis konstruksi seperti di bawah ini sebagaimana terdapat pada RSNI3 7826:2012Unit Penghasil Biogas

Dengan Tangki Pencerna (*Digester*) Tipe Kubah Tetap dari Beton.

Gambar 6. Contoh reaktor biogas

Jika bahan baku biogas yang digunakan adalah sampah maka secara umum skema instalasi reaktor biogas adalah sebagaimana terlihat pada gambar berikut.Gambar 8 merupakan penerapan dari gambar 7, dimana ruang pengolahan dan tidak terlihat pada foto.

Gambar 7. Skema pembangkit listrik tenaga sampah

Gambar 8. Contoh instalasi pembangkit listrik tenaga sampah

Foto-foto berikut adalah contoh pembangkit listrik dengan menggu-nakan biogas yang berasal dari bahan baku limbah sawit, juga ter-dapat di Thailand.Di Indonesia salah satu pembangkit jenis ini sudah terdapat di Provinsi Riau.

Gambar 9. Kolam penampungan limbah sawit

Gambar 10.Penutup kolam penampungan biogasdari plastik

Ada beberapa fakta-fakta menarik yang perlu diketahui tentang biogas yaitu:

- 1 m^3 (1m x 1m x 1m) gas methane, bisa menyediakan : Gas untuk memasak makanan 3 keluarga, atau 6 jam nyala lampu dari lampu pijar, atau 700 ml bahan bakar untuk menja-lankan generator 2 tenaga kuda untuk 2 jam, atau 1.25 kw listrik.
- 1.5 m^3 ukuran tangki per orang akan menyediakan cukup gas methane untuk kebutuhan sehari-hari (atau, 15 m^3 untuk 10 orang).

3) Pengemasan *Bio-slurry*

Di samping biogashasil dari proses fermentasi adalah bio-slurry yaitu kotoran hewan yang telah melalui proses fermentasi dan keluar dari *overflow* pada *outlet*reaktor biogas yang menggunakan kotoran hewan sebagai bahan bakunya. Bio-slurry tidak berbau sama sekali dan dapat langsung digunakan sebagai pupuk organik.Bio-slurry hampir tidak berubah bentuk sebagaimana pada saat dimasukkan ke dalam tangki pencerna (*digester*).

Pupuk organik menurut Peraturan Menteri Pertanian Nomor: 70/Permentan/SR.140/10/2011 tentang Pupuk Organik, Pupuk Hayati dan Pembenah Tanah, Bab I pasal 1 adalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang bermanfaat untuk meningkatkan kandungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.

Hara adalah zat yg diperlukan tumbuhan atau hewan untuk per-tumbuhan, pembentukan jaringan dan kegiatan

hidup lainnya, diper-oleh dari bahan mineral, misal zat putih telur, zat arang, vitamin dan mineral.

Di samping pupuk organik para petani juga menggunakan pupuk anorganik dengan alasan peng-gunaannya yang praktis serta takaran hara yang sudah sesuai dengan kebutuhan tanaman.Di samping itu juga pupuk organik telah dikemas sedemikian rupa praktis dalam pengangkutannya.

Walaupun demikian pupuk anor-ganik mempunyai beberapa kele-mahan antara lain mudah menguap dan yang terutama adalah peng-gunaan yang terus menerus dapat mengakibatkan tanah semakin keras.

Pupuk organik juga mempunyai beberapa keuntungan selain ber-fungsi sebagai pemberi zat makan-an bagi tanaman, keuntungan lain adalah dapat menaikkan taraf/kondisi kehidupan di dalam tanah dan memperbaiki struktur tanah.

Pupuk organik dari kotoran hewan dapat berupa benda padatmaupun cair.Pupuk cair dapat dihasilkan langsung dari air seni hewan mau-pun dari *bio-slurry*yang dihasilkan oleh reaktor biogas.

Setelah keluar dari lubang outlet, *bio-slurry* berwujud semi solid (padat), berwarna coklat terang atau hijau dan cenderung gelap, sedikit atau tidak mengeluarkan gelembung gas, tidak berbau dan tidak meng-undang serangga.Apabila sudah berbentuk padat, warna *bio-slurry* berubah coklat gelap.Bio-slurry pada bertekstur lengket, liat, dan tidak mengkilat, berbentuk tidak seragam dan memiliki kemampuan mengikat air yang baik.

Untuk mendapatkan pupuk padat dari *bio-slurry*dapat dilakukan de-ngan pengomposan, yaitu dengan menampung *bio-slurry* pada lubang yang digali di dalam tanah dengan kedalaman secukupnya dan diberi naungansehingga terhindar dari sinar matahari langsung, sebagai-mana ditunjukkan pada gambar berikut ini.

Gambar 11. Pengomposan *bio-slurry* pada lubang penampungan

Untuk dapat menjadi padat dibutuh-kan waktu ± satu minggu. Jika *bio-slurry*

Cara lain untuk membuat *bio-slurry* padat adalah dengan menebarkan bahan kering setebal 15-20 cm dari dasarlubang pengomposandan.tujuannya adalah agar bahan kering tersebut dapat:

1. Menyerap kelembaban ampas biogas
2. Mencegah hilangnya nutrisi ke air tanah

Bahan kering dapat berasal dari:

1. Sampah dedaunan yang kering;
2. Limbah rumputdan jerami;
3. Sisa pakan hewan;
4. Limbah gulma;
5. Sampah rumah tangga

Langkah berikutnya adalah dengan menumpahkan ampas biogas di atas bahan keringtersebut secara merata, kemudian setelah rataditimbun dengan bahan kering yang sama dengan ketebalan yang sama. Langkah ini dilakukan berulang-ulang hingga ketinggian lubang pengomposan tercapai.

Penggunaan limbah *Bio-slurry*cair untuk tanaman di pekarangan rumah atau kebun dengan luasan kecil dapat langsung dilakukan dengan cara menyiramkannya (lihat gambar di bawah) sedangkan *bio-slurry* padat digunakan dengan cara disebar saat pengolahan tanah dan pertengahan musim tanam.

Gambar 12. Penggunaan *bio-slurry* cair di kebun

Di pedesaan biasanya terdapat beberapa petani yang membentuk kelompok Tani yang memproduksi *bio-slurry*dalam jumlah banyak sehingga produksi yang berlebihan tersebut akan lebih baik jika dijual. Penjualan *bio-slurry* dapat dilakukan dalam bentuk cair maupun padat.

Untuk meningkatkan nilai jual seba-iknya dilakukan pengemasan.Pe-ngemasan adalah usaha untuk menyimpan sesuatu dalam suatu wadah atau tempat agar produk terlindungi.

Tujuan dari pengemasan adalah agar:

- Produk dapat dipertahankan mutunya.
- Produk lebih mudah disimpan
- Produk lebih mudah diangkat dan diangkut
- Masa simpan produk lebih lama
- Dapat menambah daya tarik produk bagi konsumen.

Pengemasan harus dibuat seme-narik mungkin dan terbuat dari bahan yang tidak mudah pecah, rusak atau sobek dan dibuat dalam proporsi yang seimbang dengan volume kemasan.

Menurut Peraturan Pemerintah RI Nomor 69 Tahun 1999 bahan kemasan adalah Bahan yang digunakan untuk mewadahi dan atau membungkuspangan, baik yang bersentuhanlangsung dengan pangan maupuntidak.

Dalam pengemasan produk pupuk yang perlu diperhatikan adalahpemberian informasi atau label tentang produk pupuk tersebut, yaitu:

a. Data Produk
   Berisi data tentang segala sesuatu yang berhubungan dengan informasi produk, misal kegunaan dari produk, kan-dungan yang dimiliki produk danlain-lain.Semua informasi harus jelas dan jujur.
b. Petunjuk Pengunaan Produk
   Berisi data tentang cara peng-gunaan dan takaran pengunaan produk.
c. Izin Peredaran dari Dinas Pertanian
   Berisi data tentang nomor izin peredaran, kesesuaian dengan standar produk serupa, atau SNI.
d. Syarat Kemasan
   Kemasan Berisi data tentang (sebuah standar pengemasan yang sangat dipengaruhi isi dari produk, sehubungan dengan volumetrik, kandungan material produk, kenyamanan dan keamanan isi produk)
e. Kadaluarsa
   Berisi data tentang masa kadaluarsa (batas tanggal maksimal pengunaan produk dari masa pengunaan/pembuat-an/tanggal keluar industri)

Secara umum suatu kemasan harus memuat paling tidak informasi tentang:

- Merek
- Nama Produk
- Nama pabrikan atau produsen beserta alamat lengkap, termasuk nomor telpon dan alamat email
- Tanggal diproduksi & kadaluarsa
- Nomor produksi
- Komposisi bahan produk
- Berat bersih
- Cara penyimpanan produk
- Metode penggunaan produk, akan lebih baik jika disertai dengan gambar
- Ijin atau Sertifikasi dari instansi yang berwenang
- Standar yang digunakan atau kesesuaian standar
- keistimewaan produk

Untuk pengemasan pupuk organik padat dapat digunakan karung plastik dengan berat isi kantung 25 kg, sedangkan untuk pupuk cair dapat digunakan tong plastik dengan volume 20 – 30 liter. Ada juga pupuk cair yang pengguna-annya

dengan sprayer. Pupuk ini harus disaring terlebih dahulu sehingga cairan tidak mengandung benda pada sama sekali. Pupuk cair jenis ini dapat dikemas dalam botol plasti dengan volume 600 – 1500 ml.

4) Pemasaran *Bio-slurry*

Pemasaran merupakan hal yang tidak kalah pentingnya bagi suatu produk.Dengan teknik-teknik pema-saran yang baik suatu produk dapat terjual dengan maksimal, bahkan dapat melebihi volume produk yang dihasilkan, sehingga terjadi situasi dimana permintaan lebih besar dari persediaan.

Yang perlu diperhatikan dalam pemasaran adalah sasaran yang hendak dituju.Dalam hal ini peng-guna pupuk organik dapat dibagi atas dua jenis, yaitu masyarakat umum dan petani.Masyarakat umum biasanya menggunakan pu-puk organik dalam jumlah kecil, karena pupuk hanya digunakan untuk tanaman di pekarangan rumah misalnya tanaman hias, sedangkan petani menggunakannya dalam jumlah relatif besar dan dalam jangka waktu lama terutama pada masa tanam.

Dalam strategi pemasaran juga harus dikenal/diidentifikasi lokasi wilayah pemasaran. Wilayah pema-saran dapat mencakup:

- Lokasi di sekitar wilayah dimana pupuk diproduksi (lokal area)
- Lokasi terdekat yang berada di luar wilayah dimana pupuk diproduksi (regional area)
- Seluruh wilayah negara dimana pupuk diproduksi (nasional area)
- Seluruh dunia (internasional area)

Dengan mengetahui atau menetap-kan wilayah pemasaran, maka kita dapat mengukur kemampuan kita untuk melakukan pemasaran dan menentukan jumlah pupuk yang akan kita produksi.

Teknik pemasaran juga mengenal beberapa cara penjualan seperti:

- Penjualan langsung atau *direct selling*, yaitu dengan menjual produk langsung kepada pem-beli.
- Melakukan penjualan dengan cara menitipkan produk pupuk pada mitra usaha seperti Koperasi Unit Desa (KUD), toko-toko penjual produk pertanian dan lain-lain.
- Menjual produk pada distributor produk pertanian yang resmi (berbadan hukum), dan seba-iknya distributor yang telah memiliki jaringan.
- Menjual produk dengan meng-gunakan fasilitas web site atau blog sendiri.

Cara lain untuk meningkatkan pemasaran adalah dengan melaku-kan cara-cara tertentu untuk memupuk dan membangkitkan loyalitas konsumen. Dengan cara ini maka kita akan "mengikat" konsumen untuk selalu setia membeli pupuk hasil produksi kita. Usaha meningkatkan loyalitas konsumen antara lain dilakukan dengan cara:

- selalu menjaga kualitas kemasan maupun isinya,
- memberi pelayanan yang baik kepada konsumen misalnya

c. Rangkuman

Dari uraian materi yang telah diberikan di atas dapat diambil beberapa pokok-pokok penting yang perlu diperhatikan dalam materi pengenalan biogas ini, yaitu:

1) Energi terbarukan dapat diar-tikan sebagai energi non fosil, dimana massa yang menyimpan energi tidak dihancurkan atau dikonsumsi ketika energi yang terkandung didalamnya dimanfa-atkan.
2) Energi terbarukan dapat dihasilkan dari sumber yang tidak akan pernah habis selama dunia masih ada, seperti tenaga matahari, tenaga angin, tenaga air, limbah organik dan seba-gainya.
3) Salah satu bentuk atau hasil dari energi terbarukan adalah bio-gas.
4) Biogas dapat diperoleh dari limbah-limbah organik, seperti limbah rumah tangga, limbah hasil pertanian dan perkebunan, limbah hutan seperti tumbuh-tumbuhan yang telah mati, kotoran hewan dan sebagainya.
5) Pupuk organikadalah pupuk yang berasal dari tumbuhan mati, kotoran hewan dan/atau bagian hewan dan/atau limbah organik lainnya yang telah melalui proses rekayasa, berbentuk padat atau cair, dapat diperkaya dengan bahan mineral dan/atau mikroba, yang berman-faat untuk meningkatkan kan-dungan hara dan bahan organik tanah serta memperbaiki sifat fisik, kimia dan biologi tanah.
6) Untuk mendapatkan pupuk padat dari *bio-slurry* dapat dilakukan dengan pengompos-an, yaitu dengan menampung *bio-slurry* pada lubang yang digali di dalam tanah dengan kedalaman secukupnya dan diberi naungan sehingga terhin-dar dari sinar matahari langsung.
7) Agar pupuk organik dapat dijual maka perlu dilakukan penge-masan yang menarik serta memberikan informasi yang jelas dan jujur pada label produk, serta melakukan strategi pemasaran yang baik dan benar.

d. Tugas

Agar para siswa dapat lebih mema-hami materi yang terdapat pada kegiatan belajar 1 ini, maka para guru sebaiknya membawa peserta ke lokasi dimana terdapat instalasi pembangkit energi terbarukan, dan akan lebih baik jika instalasi tersebut adalah reaktor biogas, baik yang menggunakan bahan baku sampah, kotoran hewan maupun limbah sawit.

1) Mintalah penjelasan dari pengelola instalasi pembangkit tersebut tentang cara berope-rasinya instalasi pembangkit, jenis sumber daya energi yang dihasilkan serta siapa peng-guna energi tersebut.
2) Jika instalasi energi terbarukan tidak terdapat di daerah terse-but, maka peserta didik dapat dibawa ke tempat pembuatan pupuk organik yang berasal dari kotoran hewan.
3) Selanjutnya peserta didik dimin-ta untuk mengamati seluruh kegiatan tersebut dan membuat laporan hasil pengamatan mereka.

e. Tes Formatif

Jawablah pertanyaan-pertanyaan dibawah ini :

1) Yang dimaksud dengan energi terbarukan adalah:
   a. Energiyang dapat digunakan untuk berkomunikasi.
   b. Energi yang berasal dari fosil tumbuh-tumbuhan.
   c. Energi yang berasal dari sumber yang tidak pernah habis.
   d. Energi yang dapat mengha-silkan gas.

2) Bioenergi adalah:
   a. Energi yang dapat dihasil-kan dari bahan-bahan orga-nik
   b. Energi yang dapat dihasil-kan dari bahan sampah
   c. Energi yang dapat dihasil-kan dari bahan-bahan non-organik
   d. Energi yang dapat dihasil-kan dari bahan-bahan fosil

3) Salah satu keuntungan dari energiterbarukan adalah:
   a. Memerlukan waktu untuk melakukan konversi dari energi fosil ke energi terba-rukan
   b. Dapat dihasilkan setiap saat secara terus-menerus
   c. Tidak tergantung cuaca
   d. Sangat tergantung pada harga pasar

4) Salah satu kelemahan dari energi terbarukan adalah:
   a. Memerlukan waktu untuk melakukan konversi dari energi fosil ke energi terba-rukan
   b. Dapat dihasilkan setiap saat secara terus-menerus
   c. Tidak tergantung cuaca

d. Sangat tergantung pada harga pasar.

5) Salah satu persyaratan agar pada reaktor dapat dihasilkan biogas yang berasal dari kotoran hewan adalah:
   a. Suhu di dalam reaktor berada di bawah 15 ^{0}C
   b. Berada dalam kondisi aero-bik
   c. Tidak terdapat unsur nitro-gen pada kotoran hewan
   d. Mempunyai nilai derajat keasaman (pH) ideal sekitar 7

6) Yang dimaksud dengan kondisi anaerobik adalah:
   a. Adanya penggunaan sistem aerasi
   b. Kondisi dimana terjadinya biogas yang terbuang
   c. Kondisi dimana tidak terda-pat unsur O_2
   d. Kondisi dimana tidak terda-pat bakteri

7) Waktu puncak terjadinya biogas di dalam reaktor yang menggu-nakan kotoran hewan adalah sekitar:
   a. 2 – 5 hari
   b. 35 hari
   c. 50 hari
   d. 60 hari

8) Unsur utama yang terdapat di dalam biogas adalah:
   a. Carbon
   b. Methane
   c. Nitrogen
   d. Sulfur

9) Beberapa pernyataan di bawah ini adalah benar, kecuali:
   a. Tujuan dari pengemasan pupuk organik adalah agarproduk dapat dipertahankan mutunya.
   b. Tujuan dari pengemasan pupuk organik adalah agarproduk lebih mudah disim-pan
   c. Tujuan dari pengemasan pupuk organik adalah agarproduk lebih mudah diang-kat dan diangkut
   d. Tujuan dari pengemasan pupuk organik adalah agarproduk menjadi lebih mur-ah.

10) Bahan kemasan hendaknya sesuai dengan pernyataan-pernyataan berikut, kecuali:
   a. Dapat menyuburkan tanam-an.
   b. Berisi data tentang nomor izin peredaran dan kesesu-aian standar.
   c. Berisi tentang petunjuk penggunaan produk.
   d. Berisi data tentang masa kadaluarsa

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1. c
2. a
3. b
4. a
5. d
6. c
7. b
8. b
9. d
10. a

g. Lembar Kerja Peserta didik

Tugas yang diberikan kepada ada-lah mengamati instalasi pembang-kit energi terbarukan, serta mela-porkan hasil pengamatan anda. Berikut ini adalah langkah-langkah untuk melaksanakan tugas setelah anda sebelum, selama dan setelah melakukan pengamatan:

1) Bawalah peralatan untuk dokumentasi, misalnya kamera dan alat perekam suara. Beberapa pembangkit energi terbarukan melarang pengun-jung untuk mengambil foto, untuk itu anda harus menaati peraturan tersebut.
2) Lakukan pengamatan skema pembangkit.
3) Catat mesin, bahan baku pem-bangkit atau tenaga apa yang digunakan sebagai pembangkit, alat
4) Catat bagaimana proses ber-langsung.
5) Tanyakan kepada pembimbing atau petugas instalasi tentang hal-hal yang belum anda me-ngerti.
6) Buat laporan tentang hasil kunjungan tersebut. Mintalah petunjuk dari guru tentang cara pembuatan laporan.

2. Pengenalan Konstruksi Reaktor Biogas

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari topik ini, peserta didik diharapkan mampu:

- menyebutkan jenis-jenis reaktor biogas
- komponen-komponen konstruksi reaktor biogas

b. Uraian Materi

1) Jenis-jenis konstruksi reaktor biogas

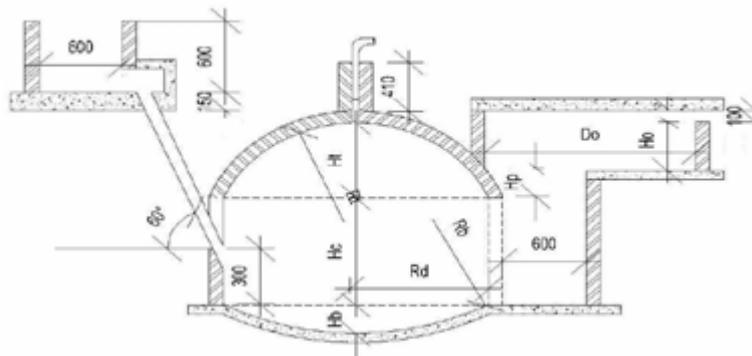
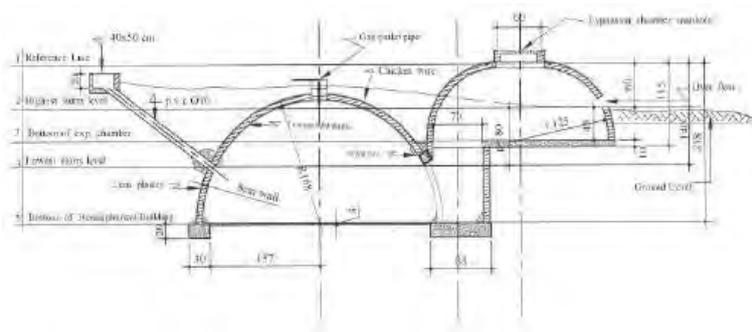
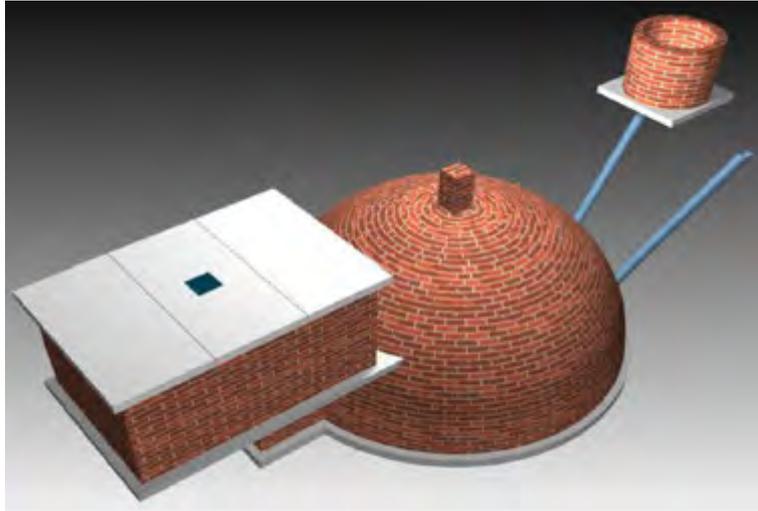
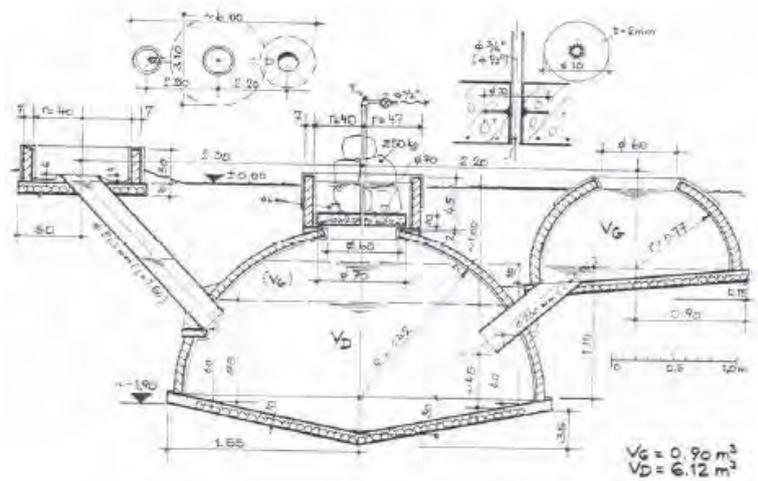
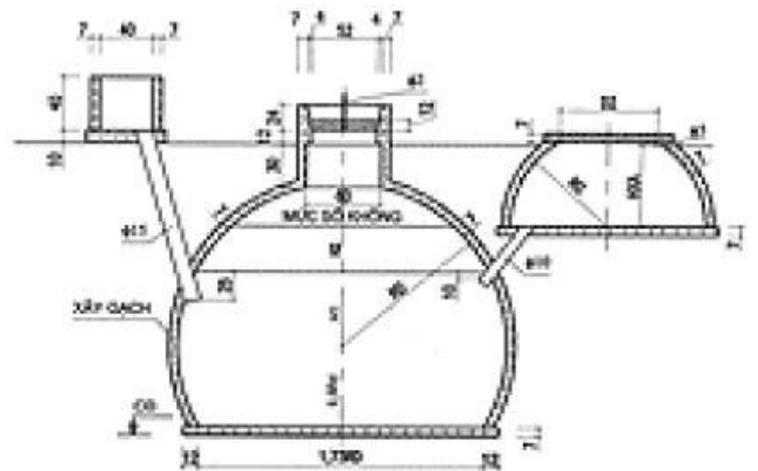
Konstruksi reaktor biogas sudah banyak dikembangkan di beberapa negaradengan beragam material.Dari yang menggunakan teknologi tinggi hingga teknologi sederhana.Reaktor biogas dengan teknologi tinggi sudah terlebih dahulu dibangun di beberapa negara Asia, Eropa dan Amerika.Berikut ini adalah beberapa contoh reaktor biogas dengan teknologi tinggi:

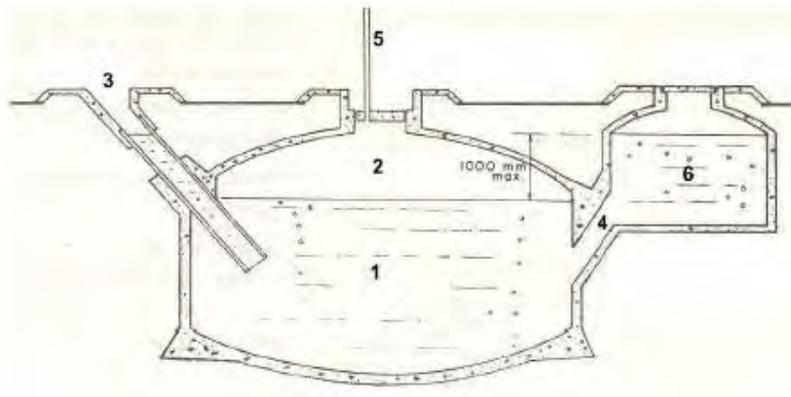
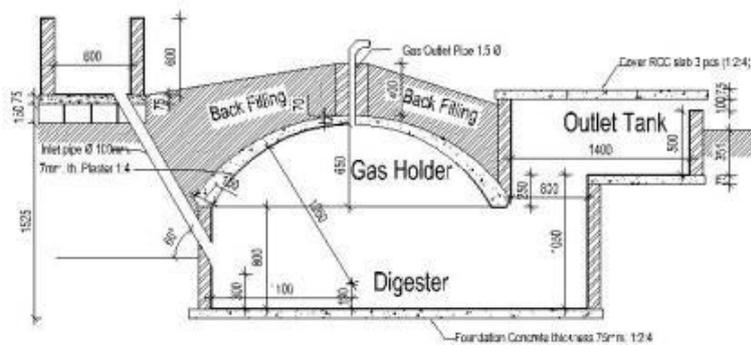
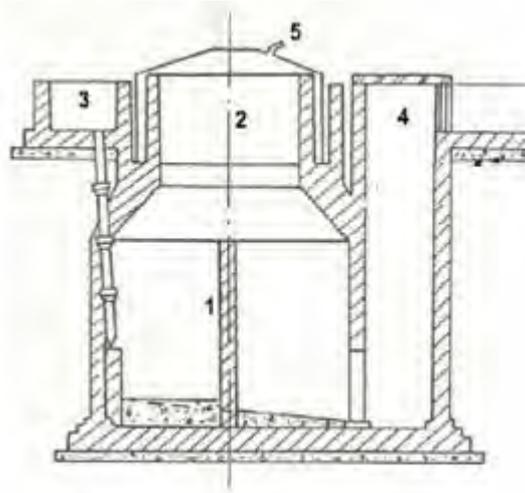
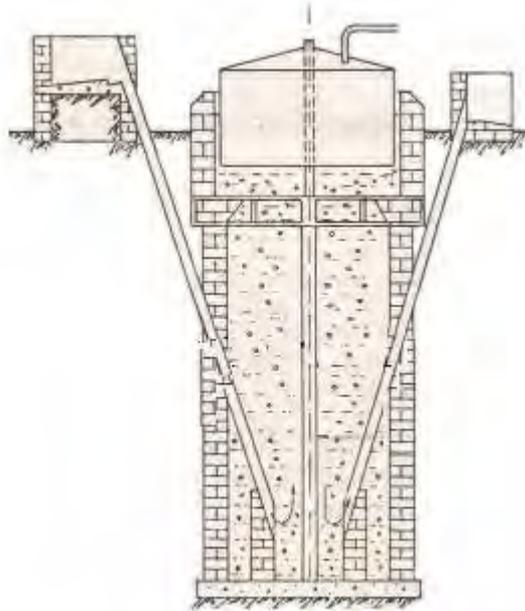
Gambar 13.Contoh Reaktor Biogas (Jepang)

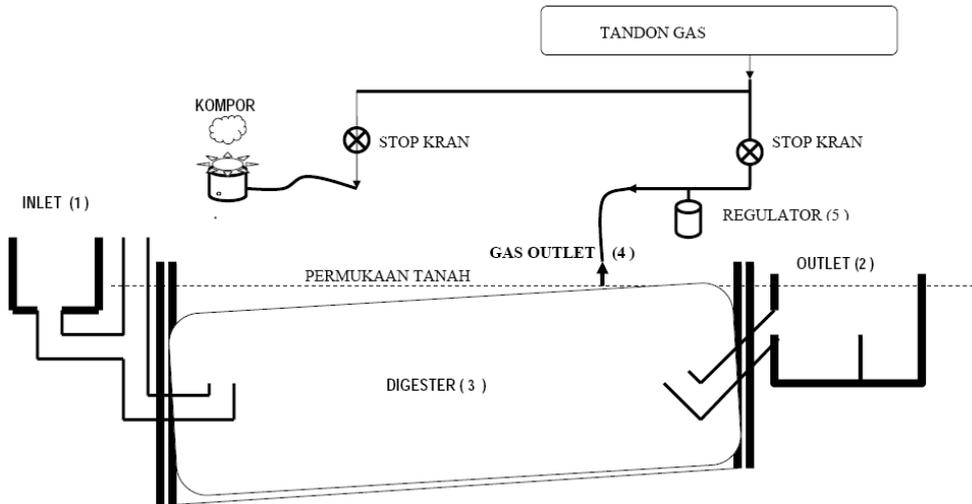
Gambar 14.Contoh reaktor biogas (Swedia)

Gambar 15.Contoh reaktor biogas (Jerman)

Gambar 16.Contoh reaktor biogas (Malaysia)

Beberapa contoh reaktor biogas dengan teknologi sederhana adalah seperti ditunjukkan gambar-gamber berikut ini :

Gambar 17. Konstruksi reaktor biogas (Bangladesh)

Gambar 18.Konstruksi reaktor biogas(Tanzania)

Gambar 19.Konstruksi reaktor biogas(Kamboja)

Gambar 20.Konstruksi reaktor biogas(Jerman)

Gambar 21.Konstruksi reaktor biogas(Vietnam)

Gambar 22. Pembangunan reaktor biogas (Vietnam)

Gambar 23.Konstruksi reaktor biogas (Cina)

Gambar 24.Konstruksi reaktor biogas (Nepal)

Gambar 25.Konstruksi reaktor biogas (Nepal-varian)

Gambar 26.Konstruksi reaktor biogas (India)

Untuk negara Laos dan Rwanda tipe yang digunakan sama dengan di Nepal.Di Indonesia terdapat berbagai jenis reaktor biogas dengan material antar lain dari plastik (biogas plastik), *fibreglass* serta dari batu dan beton, sebagaimana terlihat pada gambar-gambar di bawah ini.

Gambar 27.Gambar skema biogas plastik

Gambar 28. Reaktor biogas yang terbuat dari plastik

Gambar 29.Reaktor biogas daribahan *fibreglass*

Gambar 30.Reaktor biogas dari bahan *fibre glass*

Gambar 31.Reaktor biogas dari lembaran baja

Gambar 32.Reaktor biogas dari besi

Di Myanmar terdapat reaktor biogas yang terbuat dari anyaman bambu (bilik) dengan tahapan pembuatan (secara singkat) sebagai berikut:

a) Lembaran bilik diberi lapisan dengan menggunakan cat *acrylic.*

Gambar 33.Melabur cat *acrylic* pada bilik

b) Lembaran bilik dilapisi lembaran plastik

Gambar 34.Melapisi dengan lembaran plastik

c) Membuat lubang pada penutup tangki pencerna

Gambar 35.Melubangi penutup tangki pencerna

d) Menyambung beberapa tabung reaktor jika menginginkan volume tabung yang lebih besar.

Gambar 36.Menyambung tabung reaktor

e) Tabung reaktor setelah penyambungan dan siap digunakan

Gambar 37.Tabung reaktor siap digunakan

Dari penjelasan di atas reaktor biogas untuk skala kecil dapat terbuat dari bahan yang sangat ringan seperti *fibreglass* hingga reaktor biogas yang terbuat dari konstruksi batu dan beton. Keuntungan dari reaktor biogas yang terbuat dari bahan-bahan yang ringan tadi jika dibandingkan dengan reaktor yang terbuat dengan konstruksi batu dan beton (*fixed dome*) antara lain adalah:

- Dapat dipindah-pindah;
- Biaya pembuatan yang relatif lebih murah, walaupun demikian berdasarkan pengalaman penulis ada pengakuan dari beberapa pemilik reaktor yang mengatakan biaya pembuatannya hampir mendekati biaya yang terbuat dari konstruksi batu dan beton;

Sedangkan kelemahannya antara lain adalah:

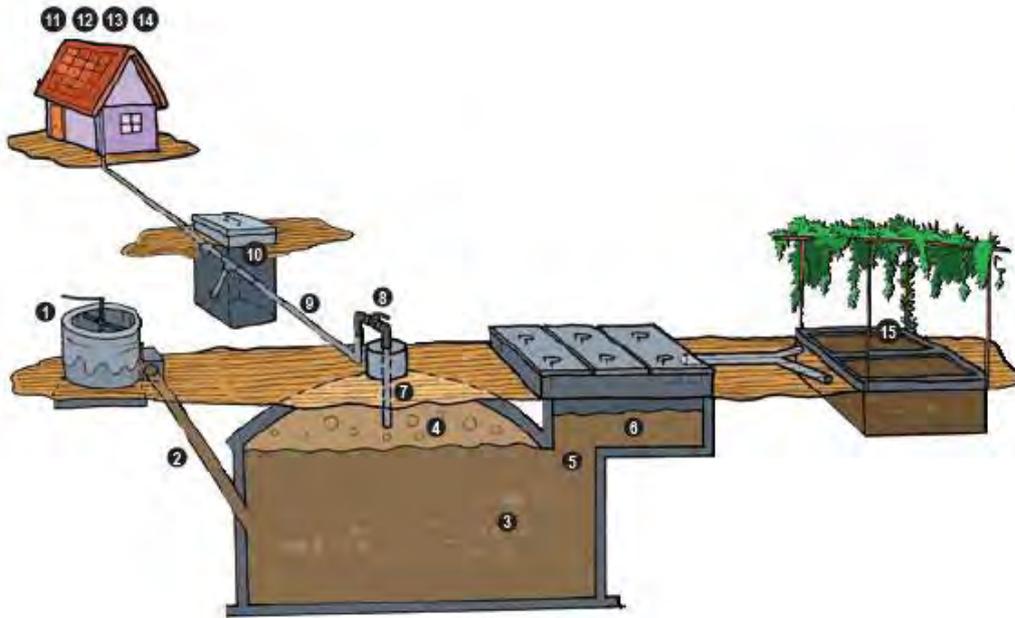
- Memerlukan perawatan dan pemeliharaan yang lebih intensif;
- Mudah mengalami kerusakan. Misal reaktor biogas yang terbuat dari plastik harus benar-benar terlindung dari hewan seperti ayam dan tikus, karena kedua hewan ini sering menyebabkan kebocoran pada plastik akibat cakar (ayam) dan gigitan (tikus).

- Biogas yang dihasilkan biasanya ditampung dalam kantung plastik, dan ada yang meletakkan kantung tersebut di atas para-para (plafon) rumah sehingga ada kemungkinan meledak dan terbakar (perhatikan gambar berikut).

Gambar 38. Kantung biogas di plafon rumah

2) Komponen Reaktor Biogas

Reaktor yang akan dipelajari dan dibangun/dipasang pada buku ini reaktor yang terdapat diRSNI3-7826-2012, Unit Penghasil Biogas Dengan Tangki Pencerna (Digester) Tipe Kubah Tetap dari Beton, dan merupakan *fixed dome*, yaitu jenis reaktor yang mempunyai lokasi tetap (tidak dapat dipindah-pindah). Berbeda dengan jenis reaktor yang terbuat dari plastik dan *fibre glass*, dimana kedua jenis reaktor ini dapat dipindah-pindah.

Komponen-komponen dari reaktor biogas jenis *fixed dome*tersebut dapat dilihat pada gambar berikut ini :

Gambar 39. Komponen reaktor biogas

Komponen Bangunan Reaktor Biogas :

1) *Inlet* (tangki pencampur)
2) Pipa *inlet* (bisa dihubungkan ke wc)
3) *Digester*
4) Penampung Gas (Kubah)
5) *Manhole*
6) *Outlet & Overflow*
7) Pipa Gas Utama dan *Turret*
8) Katup Gas Utama
9) Saluran Pipa
10) *Waterdrain* (penguras air)
11) Pengukur Tekanan
12) Keran Gas
13) Kompor Gas dengan pipa selang karet
14) Lampu (Pilihan)
15) Lubang *Bio-slurry*

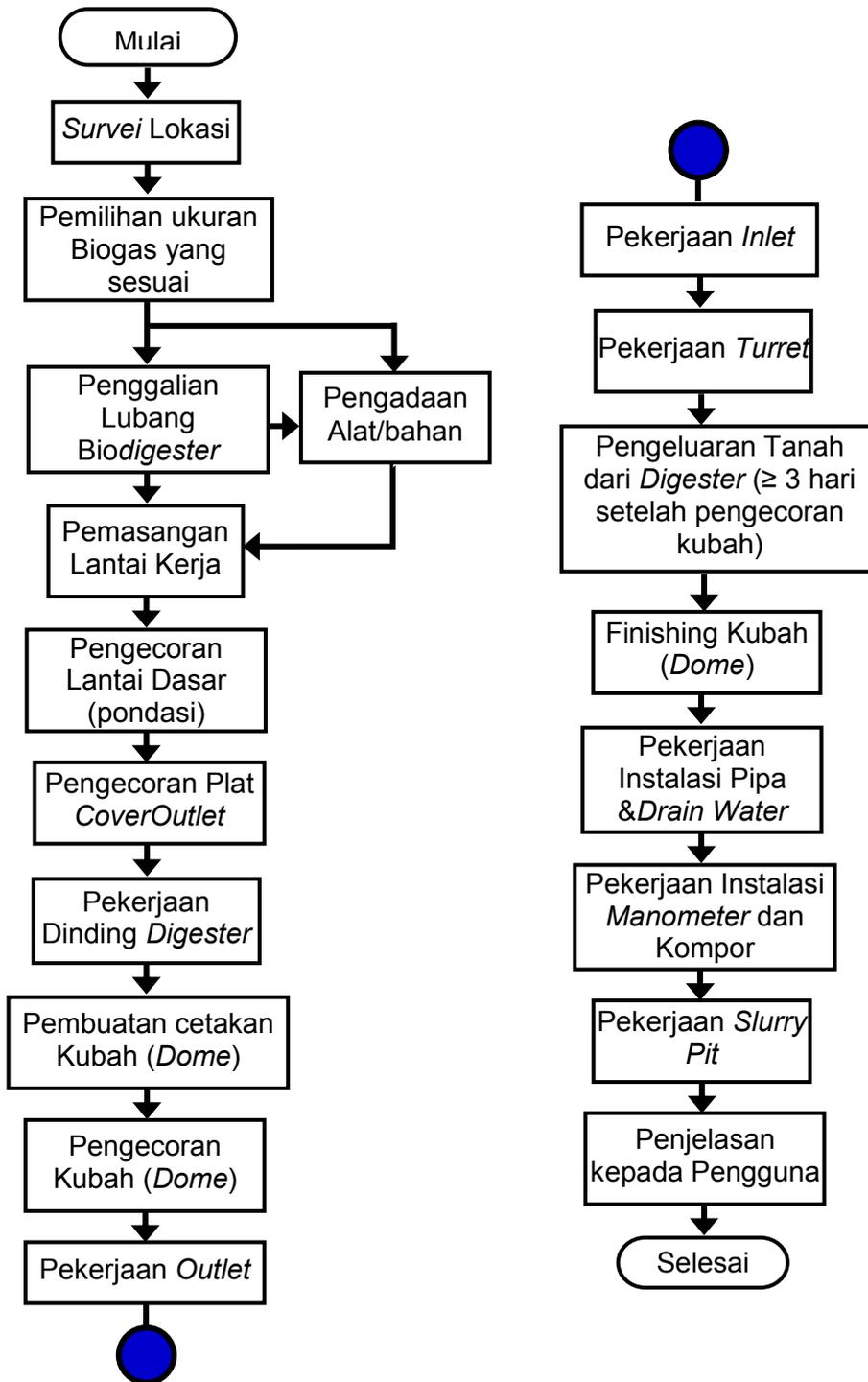
Tahapan atau proses pemasukan bahan baku reaktor yaitu kotoran hewan (kohe) hingga menjadi bio-slurrydapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Kotoran hewan (kohe) dan air dimasukkan ke dalam Inlet dengan perbandingan (nisbah) 1:1 untuk kohe sapi dan 1:2 untuk kohe dari babi. Campuran tersebut diaduk hingga merata di dalam *Inlet*[1].
2) Setelah tertutup rapih buka katup di *Inlet* (bentuk dan cara kerja katup akan dijelaskan pada bagian lain).
3) Selanjutnya kohe melalui pipa *Inlet* [2] akan masuk ke dalam tangki pencerna (*Digester*) [3]. Pipa
4) Di dalam *digester* terjadi fermentasi sehingga terjadi biogas. Terjadinya gas berkisar antara 3 – 4 hari, dan paling lama 7 hari. Jika lebih dari 7 hari gas belum keluar maka perlu diambil tindakan. Ukur pH dengan pHmeter, apakah berada dalam kondisi ideal. Harap diperhatikan sebelumnya apakah hewan berada dalam proses pengobatan terhadap sesuatu penyakit. Obat (terutama antibiotik) yang berada dalam kohe akan membunuh bakteri-bakteri pembangkit biogas. Air sabun juga akan memengaruhi proses terjadinya biogas.
5) Biogas yang terjadi akan terkumpul di kubah yang terbuat dari pasangan beton hingga menjadi jenuh [4].
6) Proses terjadinya biogas akan terus berlangsung hingga hari ke 50 dengan puncaknya pada hari ke 35. Akibatnya biogas akan menekan kohe (*slurry*) yang akan keluar melalui *manhole* [5] menuju *Outlet* [6]. Selanjutnya *slurry* telah menjadi *bio-slurry* dan siap digunakan sebagai pupuk organik. *Bio-slurry* sudah tidak berbau dan aman digunakan sebagai pupuk.
7) Biogas yang tertampung di dalam kubah dapat digunakan untuk keperluan sehari-hari dengan membuka katup gas utama [8] setelah melalui pipa gas utama yang dilindungi oleh *turret*[7]
8) Biogas akan disalurkan ke rumah untuk digunakan sebagai bahan bakar untuk memasak atau untuk lampu sebagai penerangan melalui saluran pipa [9].
9) *Waterdrain* [10]berfungsi untuk membuang air yang terdapat di dalam pipa.
10) Untuk mengetahui tekanan gas yang berada di dalam digunakan mano-meter [11] yang dipasang di dapur.
11) *Bio-slurry* yang keluar dari *Outlet*akan ditampung di dalam lubang *bio-slurry*, sebaiknya lubang penampungan ini diberi pelindung dari sinar matahari langsung serta air hujan.

Proses pembangunan reaktor biogas harus dilakukan sesuai dengan prosedur. Prosedur disesuaikan dengan tahapan-tahapan komponen yang harus dibangun.Ada komponen yang harus diprioritaskan, ada komponen yang dapat dikerjakan kemudian dan ada

komponen yang dapat dikerjakan secara bersamaan.Bagan alir dari langkah-langkah pembangunan/pemasangan reaktor biogas adalah sebagaimana diberikan pada gambar 39.

Langkah-langkah tersebut dapat dijelaskan sebagai berikut:

1) Lakukan Survei Lokasi (akan dijelaskan pada bagian tersendiri)
2) Setelah didapat lokasi yang cocok dan tepat, maka lakukan pemilihan ukuran Biogas yang sesuai.
3) Lakukan penggalian lubang bio*digester*
4) Pada saat penggalian lubang, karena ini dapat memakan waktu 2 hari maka lakukan pembelian alat/bahan yang dibutuhkan.
5) Setelah penggalian selesai, lakukan pemasangan lantai kerja.
6) Setelah pemasangan lantai kerja selesai lakukan pengecoran lantai dasar (pondasi).
7) Lakukan pengecoran plat *coveroutlet*, setelah pengecoran lantai dasar selesai.
8) Selanjutnya lakukan pekerjaan dinding *digester*
9) Setelah pekerjaan dinding *digester* selesai kerjakan cetakan kubah.
10) Setelah pembuatan cetakan kubah (*dome*) selesai lakukan pengecoran kubah.
11) Selanjutnya setelah pengecoran kubah selesai lakukan pekerjaan *inlet*.
12) Lakukan pekerjaan *Outlet* atau pekerjaan *turret*setelah pekerjaan *Inlet* selesai.
13) Setelah pekerjaan *turret*dan pekerjaan outlet selesai lakukan pengeluaran tanah dari *Digester* atau pembongkaran bekisting 3 hari setelah pengecoran kubah selesai.
14) Selanjutnya berturut turut lakukan pekerjaan *finishing* kubah (*dome*), pekerjaan instalasi pipa &*drain water,* pekerjaan instalasi *manometer* dan kompor, pekerjaan *slurry pit*dan penjelasan kepada pengguna.

Gambar 40. Bagan alir pembangunan reaktor biogas

c. Rangkuman

Dari uraian materi yang telah diberikan di atas dapat diambil beberapa pokok-pokok penting yang perlu diperhatikan dalam materi pengenalan komponen biogas ini, yaitu:

1) Reaktor biogas dapat menghasilkan gas untuk kebutuhan 1 – 2 rumah tangga (skala kecil) atau untuk kebutuhan industri pembangkit tenaga listrik, bahan bakar dan sebagainya.
2) Untuk kebutuhan skala rumah tangga reaktor biogas dapat dibangun dengan teknologi sederhana dan menggunakan bahan yang sederhana pula.
3) Pada buku ini akan dipelajari bagaimana cara membangun reaktor biogas dengan salah satu jenis reaktor yang terdapat pada RSNI3-7826-2012, Unit Penghasil Biogas Dengan Tangki Pencerna (Digester) Tipe Kubah Tetap dari Beton.

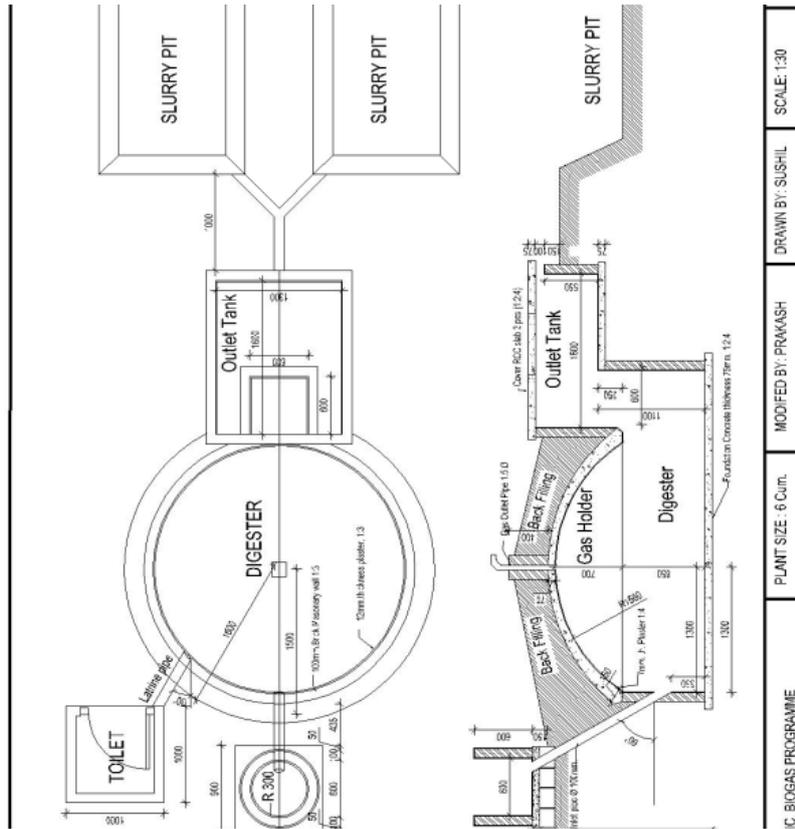
d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1) Keuntungan dari reaktor biogas dari plastik adalah:XXX
   a. Wef
   b. Wefw
   c. Wef
   d. Ewfwg

2) Rtrt
   a. Wef

g. Lembar Kerja Peserta didik

Gambar 41 Rencana Kontruksi Reaktor Biogas

3. Pemilihan Ukuran Reaktor Biogas

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pembelajaran pada bagian ini para peserta didik diharapkan mampu:

- menjelaskan maksud dan tujuan survei lokasi reaktor biogas,
- melakukan survei lokasi
- menentukandimensi reaktor biogassesuai dengan kemampuan pengguna, baik dari segi luas lahan, jumlah ternak yang dimiliki maupun jumlah anggota keluarga.

b. Uraian Materi

1) Survei Lokasi

Sebelum memulai survei lokasi maka langkah pertama dan penting dilakukan adalah mencari pengguna (*user*) yang ingin membangun reaktor biogas di lokasi miliknya.Lokasi yang dimaksud dapat berada di dalam pekarangan calon pengguna, umumnya berada di bagian belakang rumah, karena biasanya para peternak membangun kandang hewan peliharaannya di tempat tersebut.

Atau dapat juga di tempat lain dimana hewan ternak tersebut ditempatkan secara khusus, misal di sawah atau ladang yang agak berjauhan letaknya dari rumah peternak. Terkadang ada kelompok peternak yang bergabung untuk memelihara hewan pada satu tempat tertentu.

Setelah calon penggunamenginginkan dan setuju di lokasinya dibangun sebuah reaktor biogas maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah melakukan survei lokasi.Survei lokasi dimaksudkan untuk menentukan apakah lokasi calon user layak untuk dibangun reaktor biogas.

Pemilihan lokasi dimana konstruksi akan dibangun umumnya adalah berdasarkan faktor-faktor sebagai berikut :

a) Lokasi harus mempermudah pekerjaan konstruksi, antara lain harus mempertimbangkan transportasi bahan ke lokasi.
b) Lokasi yang dipilih harus sedemikian rupa sehingga biaya konstruksi dapat diminimalisir. Lokasi yang selalu tergenang air sewaktu hujan misalnya harus dihindari.

c) Juga harus diperhatikan apakah tanah dimana reaktor harus dibangun merupakan bekas timbunan dan tidak terlalu bergelombang atau curam.
d) Memilih lokasi yang mudah dijangkau untuk penggunaan dan pemeliharaan. Tempat pengolahan, katup gas utama, saluran penggunaan, dan pengecekan gas harus mudah dicapai.
e) Lokasi tempat pengolahan harus aman dalam arti bukan merupakan tempat lalu lalangnya hewan besar serta tidak dijadikan tempat bermain anak-anak.

Berdasarkan faktor-faktor diatas, pemilihan lokasi harus mempertimbangkan beberapa hal berikut :

a) Agar dapat berfungsi efektif, suhu yang benar (20-35°C) harus dapat dijaga di bagian dalam reaktor. Karenanya, tempat dingin dan berkabut harus dihindari. Tempat hangat yang disinari matahari lebih baik.
b) Lokasi konstruksi sebaiknya memiliki permukaan yang datar.
c) Lokasi harus lebih tinggi dibandingkan tanah di sekitarnya untuk mencegah genangan air dan memperlancar aliran *bio-slurry* dari *outlet* ke lubang pembuatan kompos.
d) Tempat pengolahan sebaiknya berlokasi dekat dengan kandang ternak untuk memudahkan penggunaan dan menghindari kehilangan bahan baku, khususnya kotoran ternak.
e) Pertimbangkan jumlah air yang dibutuhkan untuk dicampur dengan kotoran. Sumber air yang jauh akan merepotkan. Untuk menjaga air supaya tidak terkena polusi, jarak sumur atau sumber mata air minimal 10 meter dari reaktor biogas, khususnya lubang *bio-slurry*.
f) Pipa gas yang terlalu panjang akan menambah resiko kebocoran gas dan biaya yang lebih tinggi. Katup gas utama yang terpasang di atas penampung gas harus dibuka dan ditutup sebelum dan sesudah biogas digunakan. Akan lebih baik jika tempat pengolahan dekat dengan tempat pemakaian.
g) Ujung tempat pengolahan minimal 2 meter dari fondasi rumah atau bangunan lain.
h) Lubang kompos harus cukup luas karena bagian ini merupakan satu kesatuan dari reaktor biogas.
i) Lokasi harus cukup jauh dari pepohonan untuk menghindari kerusakan reaktor biogas yang disebabkan oleh akar pohon.
j) Jenis tanah harus dapat menahan muatan untuk mencegah bangunan amblas ke dalam tanah.

k) Apabila luas tempat menjadi masalah, kandang hewan ternak dapat didirikan di atas tempat pengolahan setelah reaktor biogas selesai dibangun.

Perlu diingat bahwa besar kemungkinan seluruh pertimbangan yang disebutkan di atastidak dapat dipenuhi.Namun harus diupayakan agar sebagian besar poin tersebut dapat terpenuhi.

2) MenetapkanDimensi Reaktor Biogas

Berdasarkan RSNI3-7826-2012, terdapat tiga standar kelas reaktor biogas yaitu kecil, sedang dan besar, dengan kapasitas masing-masing sebagaimana terlihat pada tabel berikut,

Tabel 6. Dimensi Reaktor Biogas

No	Standar kelas	Kapasitas tempat pengolahan[a] (m³)	Produksi gas per hari (m³)	Kotoran hewan yang dibutuhkan per hari[b] (kg)	Air yang dibutuhkan setiap hari (liter)	Jumlah ternak yang dibutuhkan
1	Kecil	4 s.d. 12	0,7 – 4	20 - 120	20 - 120	2 – 6
2	Sedang	>12 s.d. 25	2,2 – 8,5	60 - 250	60 - 250	6 – 12
3	Besar	>25 s.d. 50	4,5 - 17	125 - 500	125 - 500	12 – 25

a Kapasitas tempat pengolahan artinya volume tangki pencerna

b *Contoh hitungan untuk kotoran sapi dengan rasio air dan kotoran 1:1, rata-rata waktu penyimpanan: 40-60 hari*

Dari perbandingan antara kotoran hewan dan banyaknya air yang dibutuhkan setiap hari, maka dapat ditarik kesimpulan tabel SNI di atas hanya untuk reaktor biogas dengan bahan baku kotoran sapi. Karena untuk hewan babi misalnya dibutuhkan perbandingan 1:2.

Buku ini hanya membahas bagaimana cara membangun reaktor biogas dengan standar kecil. Reaktor biogas dengan standar kecil hanya digubangun untuk memenuhi kebutuhan rumah tangga.Sebaiknya satu reaktor biogas hanya digunakan untuk satu rumah tangga saja atau jika ingin dipaksakan hanya maksimal 2 rumah tangga.

Masalah yang akan dihadapi jika satu reaktor biogas digunakan untuk lebih dari satu rumah tangga adalah masalah pemeliharaan dan perawatannya. Beberapa kasus

menunjukkan akhirnya terjadi perselisihan/pertengkaran antara ke dua rumah tangga tersebut dalam hal pemeliharaan dan perawatannya.

Di Indonesia ada sebuah Lembaga Swadaya Masyarakat bernama *Hivos*yang berasal dari negeri Belanda yang memberikan subsidi bagi masyarakat yang berminat membangun reaktor biogas di rumahnya. Lembaga ini sudah beroperasi di beberapa provinsi antara lain seperti Jawa Barat, Jawa Tengah, Jawa Timur, Bali, Nusa Tenggara Barat,Nusa Tenggara Timur dan Sulawesi Selatan.

Lembaga tersebut hanya membangun reaktor biogas dengan skala kecil, masing-masing berukuran 4, 6, 8, 10 dan 12 m^3.

Faktor-faktor penting yang perlu dipertimbangkan dalam memilih/menentukan dimensi reaktor biogas adalah luas lahan tempat reaktor akan dibangun, dan jumlah ternak yang dimiliki oleh pengguna serta anggota keluarga yang akan menggunakan gas yang akan dihasilkan. Dari ke tiga faktor tersebut yang paling menentukan adalah jumlah kotoran hewan yang tersedia atau jumlah ternak yang dimiliki oleh pengguna.

Alasan ini dapat diterima, karena proses yang terjadi di dalam reaktor disamping proses fermentasi adalah proses terdorongnya *bio-slurry* keluar dari *outlet* secara hidrolis yang diakibatkan oleh adanya tekanan gas dari hasil fermentasi tadi. Jika kotoran hewan yang dimasukkan ke dalam reaktor sangat kurang, maka tekanan gas juga menjadi berkurang di dalam kubah. Hal ini akan menyebabkan bio-*slurry* yang terdapat pada *outlet* akan menekan atau kembali masuk ke dalam *digester*, bahkan ada kemungkinan akan melewati tinggi kubah yang menyebabkan masuknya *slurry* ke dalam pipa gas utama. Hal ini sudah tentu tidak diinginkan terjadi.

Oleh karena itu tabel di bawah ini akan sangat membantu dalam menentukan volume reaktor biogas yang akan dibangun.

Tabel 7. Jumlah ternak yang dibutuhkan dan produksi gas per hari

No.	Kapasitas tempat pengolahan* (m³)	Produksi gas per hari (m³)	Kotoran hewan yang dibutuhkan per hari ** (kg)	Air yang dibutuhkan setiap hari (liter)	Jumlah ternak yang dibutuhkan (ekor)
1.	4	0,8 - 1,6	20 – 40	20 – 40	3 – 4
2.	6	1,6 - 2,4	40 – 60	40 – 60	5 – 6
3.	8	2,4 - 3,2	60 – 80	60 – 80	7 – 8
4.	10	3,2 - 4,2	80 – 100	80 – 100	9 – 10
5.	12	4,2 - 4,8	100 - 120	100 - 120	11 – 12

* *kapasitas tempat pengolahan artinya volume tangki pencerna*

** *rata-rata waktu penyimpanan: 50 hari*

c. Rangkuman

Dari uraian di atas dapat dirangkum beberapa hal penting sebagai berikut,

a) Survei lokasi merupakan syarat yang harus dilakukan sebelum memulai membangun reaktor biogas;

b) Pemilihanlokasi reaktor biogas harus mempertimbangkan faktor-faktor berikut: transportasi bahan, lokasi tidak tergenang air, kondisi dan topografi tanah, mudah dijangkau, bukan tempat lalu lalang hewan besar dan tidak dijadikan lokasi bermain anak.

c) Berdasarkan faktor-faktor b) diatas, pemilihan lokasi harus mempertimbangkan beberapa hal berikut :

- Suhu yang benar (20-35°C).
- Lokasi konstruksi sebaiknya memiliki permukaan yang datar.
- Lokasi harus lebih tinggi dibandingkan tanah di sekitarnya untuk mencegah genangan air dan memperlancar aliran *bio-slurry* dari *outlet* ke lubang pembuatan kompos.
- Sebaiknya berlokasi dekat dengan kandang ternak.
- Kebutuhanair yang yang akan dicampur dengan kotoran.
- Jarak pipa gas jangan terlalu panjang.
- Ujung tempat pengolahan minimal 2 meter dari fondasi rumah atau bangunan lain.
- Lubang kompos harus cukup luas karena bagian ini merupakan satu kesatuan dari reaktor biogas.
- Lokasi harus cukup jauh dari pepohonan untuk menghindari kerusakan reaktor biogas yang disebabkan oleh akar pohon.

- Jenis tanah harus dapat menahan muatan untuk mencegah bangunan amblas ke dalam tanah.
- Kandang hewan ternak dapat didirikan di atas tempat pengolahan setelah reaktor biogas selesai dibangun.

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah salah satu jawaban yang paling tepat daripertanyaan-pertanyaan di bawah ini:

1. Sebelum memulai membangun reaktor biogas maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah:
   a) Menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan untuk membangun reaktor biogas.
   b) Melakukan survei lokasi
   c) Mencari pengguna yang berminat untuk membangun reaktor biogas.
   d) Menentukan jumlah hewan yang dibutuhkan.

2. Sebelum memulai survei lokasi maka langkah pertama yang harus dilakukan adalah:
   a) Menyiapkan bahan-bahan yang diperlukan untuk membangun reaktor biogas
   b) Menentukan jumlah minimum hewan peliharaan
   c) Mencari pengguna yang berminat untuk membangun reaktor biogas.
   d) Mencari tukang untuk mengerjakan reaktor biogas tersebut.

3. Faktor-faktor yang diperhatikan dalam pemilihan lokasi reaktor biogas adalah:
   a) Faktor transportasi bahan ke lokasi
   b) Lokasi yang bebas genangan air hujan
   c) Lokasi reaktor biogas harus aman dan bukan tempat bermain anak-anak.
   d) Semua benar

4. Dalam menentukan dimensi reaktor biogas maka faktor terpenting yang harus ada adalah:
   a) Jumlah ternak yang dibutuhkan
   b) Jumlah bahan bangunan yang dibutuhkan
   c) Jumlah tukang yang diperlukan
   d) Jumlah anggota keluarga calon pemilik reaktor biogas.

5. Berapa jumlah minimal sapi yang harus dimiliki jika ingin membangun reaktor biogas?
   a) 2 ekor
   b) 3 ekor
   c) 4 ekor
   d) 5 ekor

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

1) b
2) c
3) d
4) a
5) b

g. Lembar Kerja Peserta didik

4. Pemasangan Lantai Kerja

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bagian ini dan mempraktikkannya, maka diharapkan peserta didik mampu memasang lantai kerja konstruksi reaktor biogas sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

Lantai kerja merupakan bagian konstruksi reaktor biogas yang pertama kali dipasang.Fungsi dari lantai kerja adalah agar diperoleh bidang permukaan yang rata dan cukup kuat untuk mengerjakan pondasi.Lantai kerja dapat terbuat dari batu bata, batu kali (disebut juga batu kosong) dan kerikil. Pada konstruksi bangunan gedung berskala besar lantai kerja umumnya terbuat dari campuran beton tumbuk setebal 50 mm dengan campuran 1:3:5.

Selanjutnya pada lantai kerja reaktor biogas celah-celah antara batu bata/batu kali/kerikil tersebut harus diisi dengan pasir agar diperoleh kedudukan yang stabil dalam arah horizontal.

Lantai kerja dipasang pada dasar lubang yang telah digali sebelumnya.Sebelum pemasangan lantai kerja, maka permukaan tanah dasar galian harus rata dan dibersihkan terlebih dahulu serta periksa kembali ukuran dari lubang *digester* dan *manhole* apakah telah sesuai dengan ukuran yang telah ditentukan.Kemudian pasang pipa besi pada titik as lingkaran lubang *digester*, yang nantinya juga berfungsi sebagai titik as mal untuk pekerjaan-pekerjaan berikutnya, seperti pekerjaan pondasi, pemasangan dinding *digester*, bekisting kubah dan pengecoran kubah. Untuk memperoleh permukaan lantai kerja yang rata dan datar maka dapat digunakan mal yang telah disediakan sebelumya atau dengan pertolongan *waterpass* dan mistar penolong.

Berikut adalah gambar-gambar yang memperlihatkan langkah-langkah pemasangan lantai kerja.

1) Periksa kembali ukuran-ukuran atau dimensi lubang galian

Lubang yang telah tersedia biasanya mempunyai dimensi yang tidak sama dengan gambar kerja. Oleh karena pemeriksaan ulang harus dilakukan sebelum pekerjaan pemasangan lantai kerja dimulai.

Gambar 41. Memeriksa kembali dimensi lubang galian

2) Periksa kembali kedataran dan kedalaman tanah dasar lubang galian

Gambar 42. Pemeriksaan kedataran dan kedalaman lubang galian

3) Pastikan lantai tanah sudah rata dan bersih

Jika lubang telah siap untuk diberi lantai kerja maka lakukan pembersihan lubang galian, terutama dari bahan-bahan organik.

Gambar 43. Pembersihan lubang galian

4) Pasang tiang as pembantu berupa pipa besi galvanisir.

Sebelum penggalian lubang biasanya as telah ditentukan terlebih dahulu, yaitu ketika membuat mal penggalian. Akan tetapi terkadang tukang gali lupa akan hal ini. Jika memang demikian adanya maka titik as tersebut harus ditentukan pada saat hendak pemasangan lantai kerja. Sebaiknya proses penggalian diawasi secara terus menerus untuk mencegah hilangnya titik as.

Gambar 44. Pemasangan tiang as

5) Pasang mal pada tiang as pembantu

Setelah tiang terpasang pasang mal pada tiang tersebut.Mal yang dimaksud disini adalah selain untuk membantu memastikan diameter lubang sesuai dengan ukuran yang ada di gambar kerja. Fungsi lainnya adalahuntuk :

a. Membantu memeriksa kedataran tanah;
b. Membantu kedataran lantai kerja;
c. Membantu kedataran lantai pondasi;
d. Membuat lingkaran layout dinding *digester*;
e. Membantu pemasangan bata dinding *digester*;
f. Membantu membuat jalur plesteran dinding *digester*;
g. Memeriksa kerataan plesteran dinding *digester*;

Gambar 45. Pemasangan mal pada tiang as

6) Rendam/siram batubata

Gambar 46. Merendam bata sebelum digunakan

Rendam batu bata sebelum digunakan di dalam air hingga gelembung-gelembung udara tidak muncul lagi.

7) Susun batu bata

Batu bata tanpa pasangan (mortar, spesi, adukan) disusun serapi mungkin dan sedatar mungkin.

Gambar 47. Menyusun bata untuk lantai kerja

8) Hamparkan pasir sehingga mengisi celah-calah batu bata, kemudian percikkan air agar pasir di dalam celah menjadi lebih padat. Cara lain adalah dengan merendam pasir terlebih dahulu, baru kemudian menghamparkannya di atas susunan batu bata. Jika pasir dianggap belum menutupi seluruh celah-celah antara bata, ulangi langkah tersebut sekali lagi.

Gambar 48. Pengisian celah antara bata

9) Periksa kembali kedataran lantai kerja.

   Jika lantai kerja sudah terpasang, maka lakukan pemeriksaan ulang terhadap kedatarannya.

Gambar 49. Pemeriksaan kedataran lantai kerja

Lantai kerja tidak harus dari bata. Bahan-bahan lain seperti batako dan batu kali juga dapat digunakan, sebagaimana terlihat pada gambar di bawah ini.

Gambar 50. Lantai kerja yang menggunakan batu kali

Gambar 51. Memercikkan air agar pasir masuk ke celah batu kali

c. Rangkuman

d. Tugas

Perhatikan gambar konstruksi reaktor biogas, yaitu gambar

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)
   a.
   b.
   c.
   d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

Reaktor biogas merupakan konstruksi yang dibangun di bawah permukaan tanah.Oleh karena itu sebelum memulai praktek guru harus mempersiapkan lubang sebagai persiapan untuk pembelajaran membangun reaktor biogas.

5. Pengecoran Lantai Dasar

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bagian ini, peserta diharapkan mampu memasang pondasi reaktor biogas sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

Lantai Dasar atau Pondasi berfungsi untuk mendukung tangki pencerna (*digester*) dan kubah di atasnya, termasuk kotoran hewan yang telah dimasukkan. Pondasi terbuat dari beton tanpa tulangan tebal 70 mm. Campuran adukan untuk pondasi adalah 1:3:6. Pondasi dicor dengan diameter sesuai dengan yang telah ditentukan untuk masing-masing volume reaktor.

Langkah-langkah pemasangan lantai dasar adalah sebagai berikut :

a) Buat adukan beton dengan campuran 1:3:6 sesuai dengan kebutuhan.
b) Agar adukan lebih merata maka aduk terlebih dahulu semen dan pasir dalam keadaan kering (belum dicampur air). Setelah merata baru kerikil diaduk bersama-sama dengan kedua bahan terdahulu.
c) Apabila ketiga bahan tersebut sudah tercampur dengan sempurna, maka tambahkan air secukupnya. Jumlah air yang baik adalah berkisar antara 0,35 – 0,40 dari berat semen. Tapi mengingat kondisi di lapangan, biasanya jumlah komponen-komponen adukan dinyatakan dengan volume, sehingga jika jumlah semen 10 ember maka jumlah air yang digunakan adalah ± 4 ember.
d) Setelah adukan tersedia maka adukan tersebut dapat dihamparkan di atas lantai kerja yang telah kita pasang sebelumnya.
e) Untuk menentukan tebal lantai dasar maka dapat digunakan mal sebagai pertolongan.

Untuk lebih jelasnya perhatikan gambar-gambar berikut.

a) Hamparkan adukan hingga merata di atas lantai kerja.

Gambar 52. Menghamparkan adukan di atas lantai kerja

b) Ratakan adukan sambil ditekan dengan kuat. Gunakan roskam kayu (di Indonesia Tengah dan Timur umumnya disebut raskam) untuk menekan untuk meratakan permukaan adukan. Kemudian gunakan roskam baja untukmenghaluskan permukaan pondasi

Gambar 53. Meratakan adukan

Catatan:

Lantai dasar tidak perlu diplester atau *finishing* saat ini.*Finishing* dilakukan bersamaan dengan selesainya *digester*, yang perlu dilakukan adalah merapikan permukaan lantai kerja.

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   a.
   b.
   c.
   d.

3)
  a.
  b.
  c.
  d.

4)
  a.
  b.
  c.
  d.

5)
  a.
  b.
  c.
  d.

6)
  a.
  b.
  c.
  d.

7)
  a.
  b.
  c.
  d.

8)
  a.
  b.
  c.
  d.

9)

a.
b.
c.
d.

10)

a.
b.
c.
d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

6. Pekerjaan Tangki Pencerna (*digester*)

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bagian ini peserta diharapkan dapat memasang Tangki Pencerna (*digester*) sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

Dinding melingkar merupakan tempat penampungan kotoran hewan yang masuk dari *inlet* melalui pipa *inlet*.Dinding *digester* biasanya dipasang bersamaan dengan dinding *manhole.*

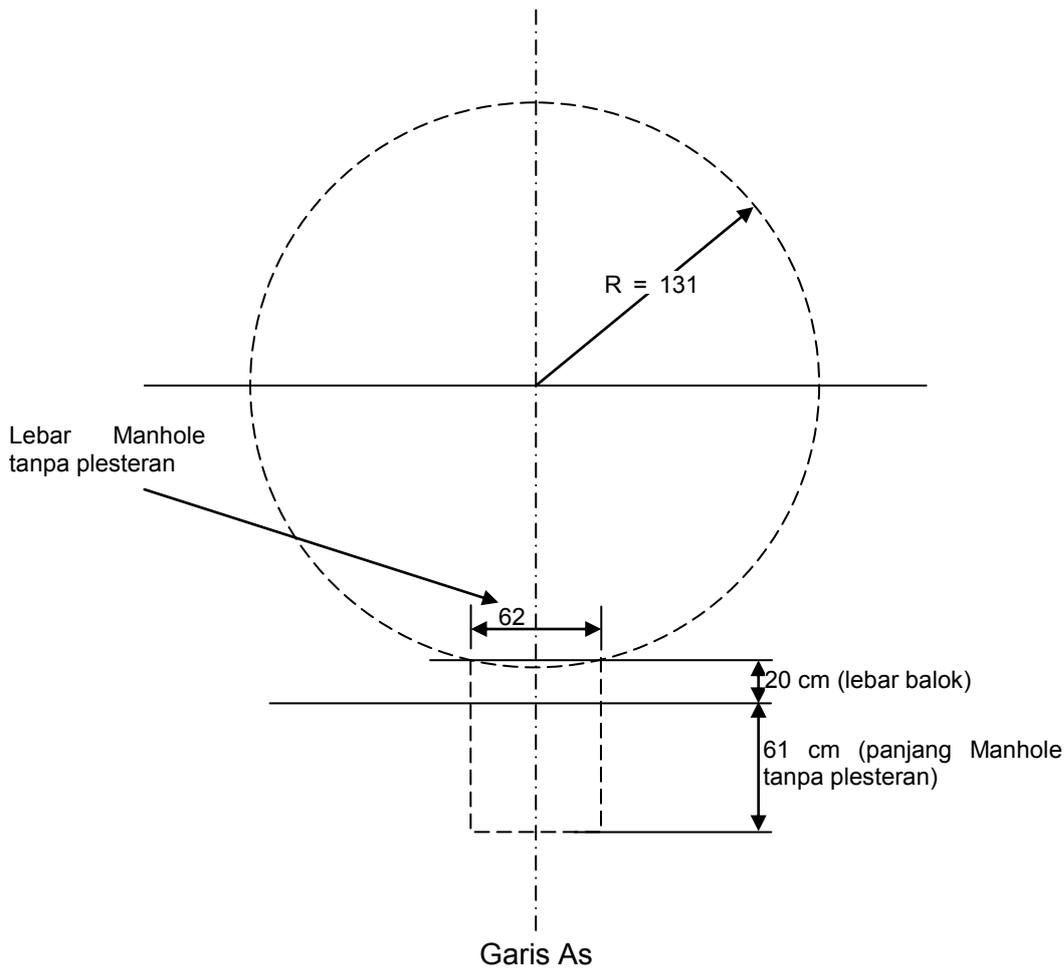
Dinding *digester* dipasang dengan ketebalan 10 – 15 cm termasuk tebal plesteran, variasi tebal ini bergantung pada lebar bata.

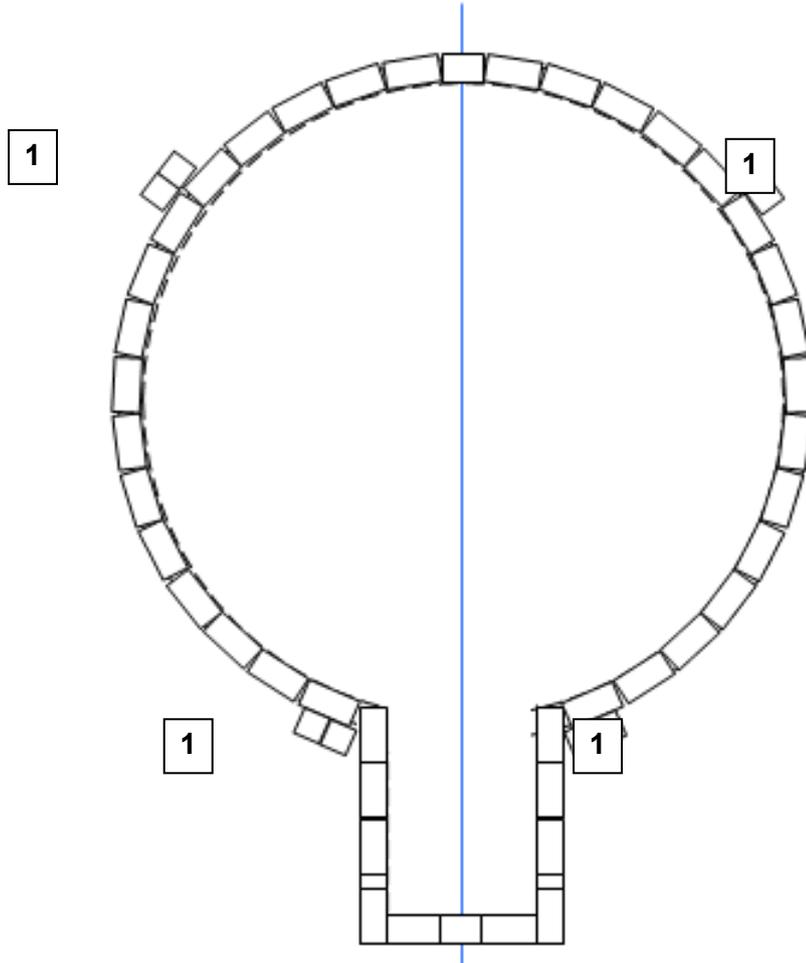
Tinggi dinding *digester* bergantung pada volume reaktor yang kita bangun.Untuk reaktor dengan volume 6 m^3, maka tinggi dinding *digester* adalah sebesar 85 cm.

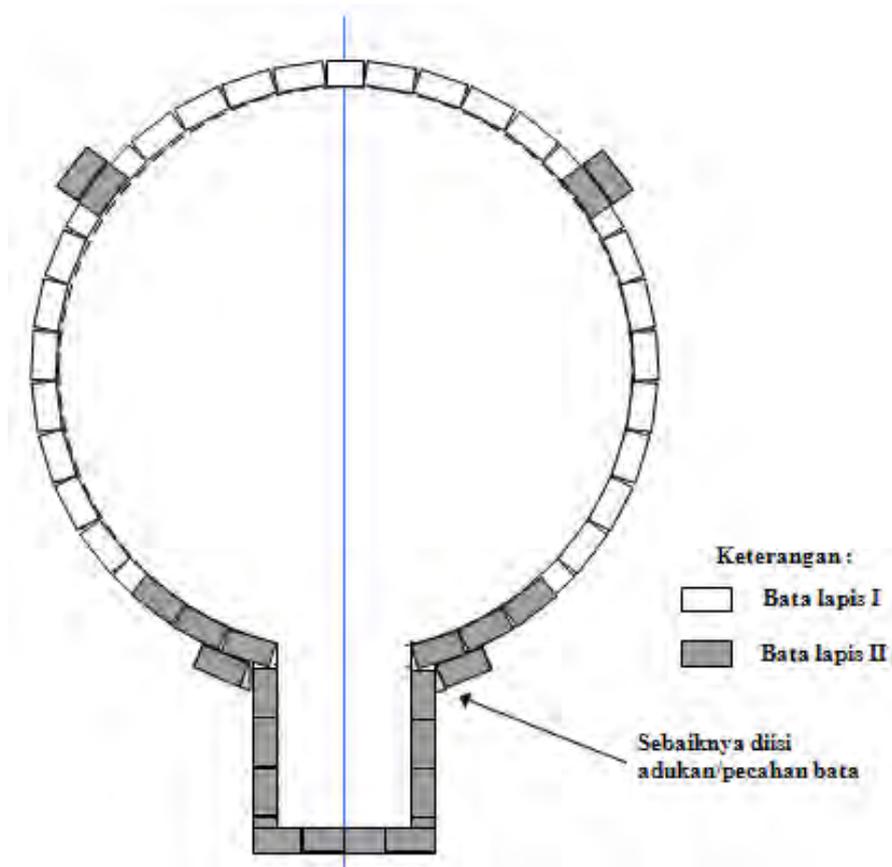
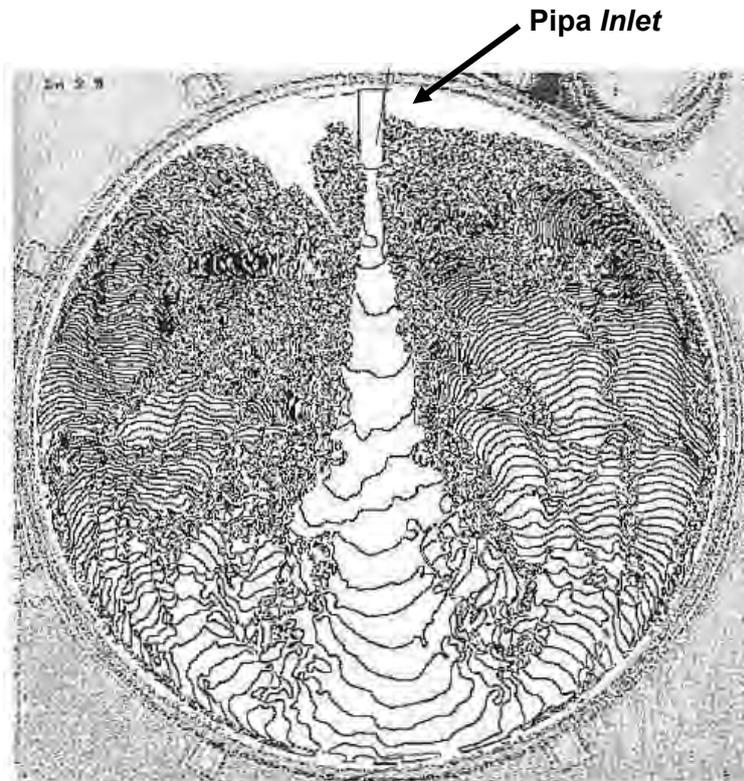
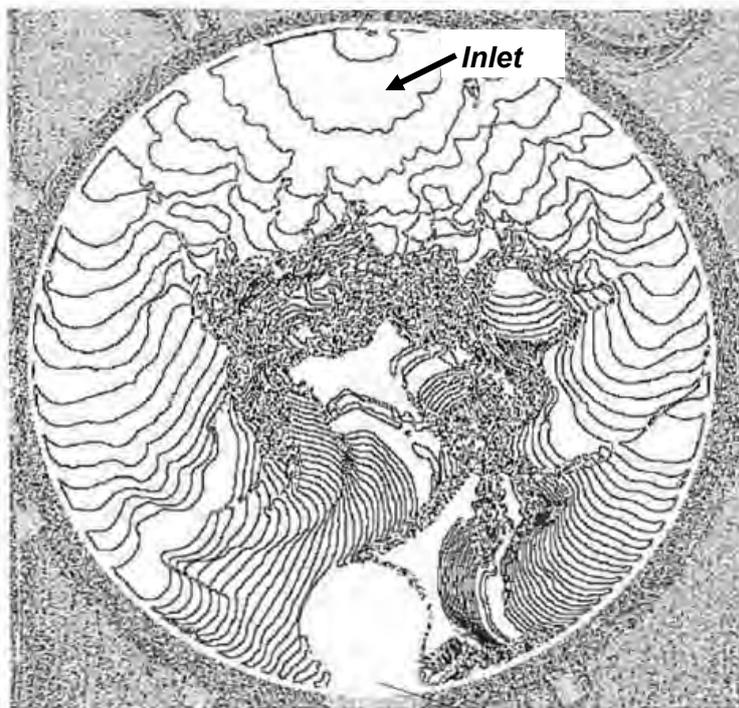
Langkah-langkah pemasangan dinding *digester* untuk reaktor biogas dengan **ukuran6 m^3** adalah sebagai berikut :

1) Gambar *lay out digester* pada lantai dasar.

Gambar 54. Menggambar *lay out digester* pada pondasi

2) Untuk menggambar *lay outdigester* langkah-langkahnya adalah sebagai berikut :

Gambar 55.*lay out digester*

- Gambarkan garis as yang melalui as yang telah ditetapkan sebelum menggali lubang *digester*.
- Buat lingkaran dengan diameter 131 cm. Ini adalah diameter lingkaran dalam dinding *digester* tanpa plesteran, dimana plesteran kita ambil sebesar 1 cm.
- Gambarkan 2 garis sejajar garis as selebar 62 cm, yaitu lebar *manhole* tanpa plesteran.
- Tarik garis melalui perpotongan ke dua garis dengan lingkaran dalam, dan tarik garis dengan jarak 20 cm dari garis tersebut. Garis ini merupakan lebar balok untuk mendukung kubah di atas *manhole*.
- Gambar lagi garis sejajar garis tersebut dengan jarak 61 cm yang merupakan lebar *manhole* tanpa plesteran.

Gambar 56.*Lay out* batu bata untuk *digester*

- Susun bata sebelum dipasang (tanpa adukan) untuk memastikan posisi masing-masing bata. Susunan bata tersebut merupakan susunan batu bata lapis I.
- Susun bata untuk perkuatan (kolom/pilaster) dengan cara membagi bagian yang melengkung menjadi 3 bagian (1).
- Susun lagi batu bata untuk lapis 2, seperti gambar di bawah ini. Perhatikan bahwa tidak ada garis siar (nat) yang nantinya terjadi setelah batu bata disusun.

- Selanjutnya adalah memasang batu bata dengan menggunakan adukan. Setelah susunan batu bata mencapai ketinggian 35 cm, pasang pipa *inlet*. Pipa *inlet* harus terletak pada garis as, dan jika pengguna juga ingin memanfaatkan kotoran dari toilet rumah tangganya, pipa *inlet* tersebut dapat dipasang dengan jarak tidak lebih dari 30^0 dari pipa *inlet* utama.
- Pemasangan pipa *inlet* sebaiknya rata dengan dinding *digester* (termasuk plesteran), atau tidak ada bagian pipa *inlet* yang menonjol. Ke 2 gambar berikut menunjukkan perbedaan aliran *slurry* di dalam *digester* antara pipa *inlet* yang menonjol dengan pipa *inlet* yang rata dengan dinding melingkar (*digester*).

Gambar 57.Pola aliran *slurry* di dalam *digester* dengan pipa *inlet* yang menonjol dari dinding *digester*.

Gambar 58.Pola aliran *slurry* di dalam *digester* dimana pipa *inlet* rata dengan dinding *digester*.

3) Menata batu bata sebelum dipasang

Sebelum pemasangan batu bata dilakukan maka bata tersebut harus ditata terlebih dahulu tanpa menggunakan adukan (spesi atau mortar).Tujuannya adalah untuk memastikan apakah rencana pemasangan sudah tepat dan untuk menentapkan letak dari pertebalan (kolom).

Gambar 59.Menata batu bata

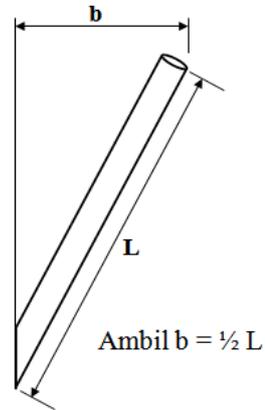
4) Pemasangan batu bata

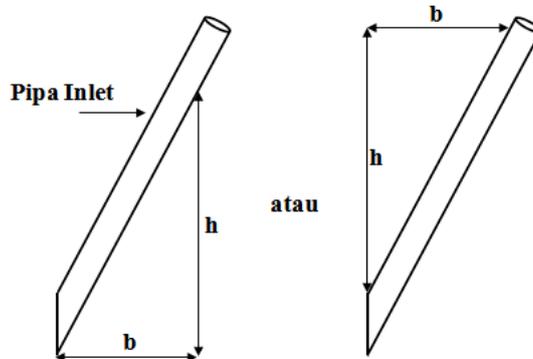
Gambar 60. Memasang bata tangki pencerna

Perhatikan bahwa mal harus tepat ditengah-tengah batu bata.

5) Pemasangan Pipa *Inlet*

Pipa *Inlet*dipasang dengan kemiringan 30^0.Kemiringan pipa *inlet* dapat ditentukan dengan menggunakan tabel dan gambar berikut :

No.	L (cm)	b (cm)
1	110	55
2	120	60
3	130	65
4	140	70
5	150	75
6	160	80
7	170	85
8	180	90
9	198	99
10	200	100

Gambar 61. Menentukan kemiringan pipa *Inlet* cara sinus

No.	h (cm)	b (cm)
1	100	58
2	110	64
3	120	69
4	130	75
5	140	81
6	150	87
7	160	92
8	170	98
9	180	104
10	190	110

Gambar 62. Menentukan kemiringan pipa *Inlet* cara tangens

Gambar 63. Penyetelan pipa *Inlet*

Gambar 64. Penyesuaian ketinggian pipa *Inlet* dari pondasi

Gambar 65. Pemasangan pipa*inlet*

6) Lakukan pengkamprotan pada dinding *digester* dan *manhole* apabila tinggi dinding telah mencapai 85 cm.

Pengkamprotan adalah penghamparan lapisan tipis adukan pada permukaan dinding tangki pencerna.Tujuan pengkamprotan adalah agar adukan plesteran lebih melekat ke pasangan bata.

Gambar 66. Pengkamprotan dinding tangki pencerna

7) Buat jalur pada dinding sebagai persiapan untuk pemlesteran

Sebelum melakukan pemlesteran buat terlebih dahulu jalur kepala.Tujuan pembuatan jalur adalah agar diperoleh permukaan plesteran yang rata.Jalur dapat dibuat dalam arah vertikal maupun horizontal.Pembuatan jalur adalah dengan pertolongan mal, oleh karena itu dalam kasus ini sebaiknya dibuat jalur horizontal.

Gambar 67. Pembuatan jalur untuk kepala plesteran

8) Selanjutnya lakukan pemlesteran dengan berpatokan pada jalur yang telah dibuat.

Gambar 68. Pekerjaan pemlesteran tangki pencerna

9) Isi celah/rongga antara dinding *digester* dan *manhole* dengan dinding galian. Kemudian padatkan secara perlahan-lahan dan tidak menekan dinding bata yang masih belum kuat benar.

Gambar 69. Pengisian celah dinding tanah dengan tangki pencerna

10) Selalu lakukan pemeriksaan ketegakan, kedataran, kelurusan dan kerataan dinding.

Gambar 70. Pemeriksaan dinding tangki pencerna

11) Lakukan *finishing* lantai pondasi dengan lapisan semen.

Gambar 71. Pekerjaan *finishing* lantai pondasi

12) Pekerjaan dinding *digester* dan *manhole* telah selesai dilakukan

Gambar 72. Tangki pencerna yang telah selesai dikerjakan

13) Contoh mal dari bambu

Mal tidak hanya terbuat dari rangka besi saja, tapi dapat juga terbuat dari kayu atau bambu. Dan dalam keadaan darurat dapat digunakan kawat logam, bahkan tali plastik, akan tetapi jangan sekali-kali menggunakan benang karena benang sangat elastis.

Gambar 73.Contoh mal dari bambu

Gambar 74.Contoh mal dari kayu (1)

Gambar 75.Contoh mal dari kayu (2)

Gambar 76. Bukaan mal kayu

Dinding tangki pencerna dapat juga dibuat dari pasangan batu kali, sebagaimana terlihat pada gambar berikut ini.

Gambar 77. Dinding tangki pencerna dari pasangan batu kali

Penggunaan mal juga berlaku untuk memasang dinding tangki pencerna dari pasangan batu kali.Sedangkan untuk pemasangan pipa *Inlet* dilakukan sama seperti pemasangan pipa *Inlet* pada dinding tangku pencerna yang terbuat dari pasangan bata, seperti terlihat pada gambar berikut ini.

Gambar 78. Pemasangan pipa *Inlet*

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
  a.
  b.
  c.
  d.

3)
  a.
  b.
  c.
  d.

4)
  a.
  b.
  c.
  d.

5)
  a.
  b.
  c.
  d.

6)
  a.
  b.
  c.
  d.

7)
  a.
  b.
  c.
  d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9) Erye
   e.
   f.
   g.
   h.

10)
   a.
   b.
   c.
   d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

7. Pembuatan Cetakan Kubah

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan belajar ini peserta dapat membuat atau memasang cetakankubah sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

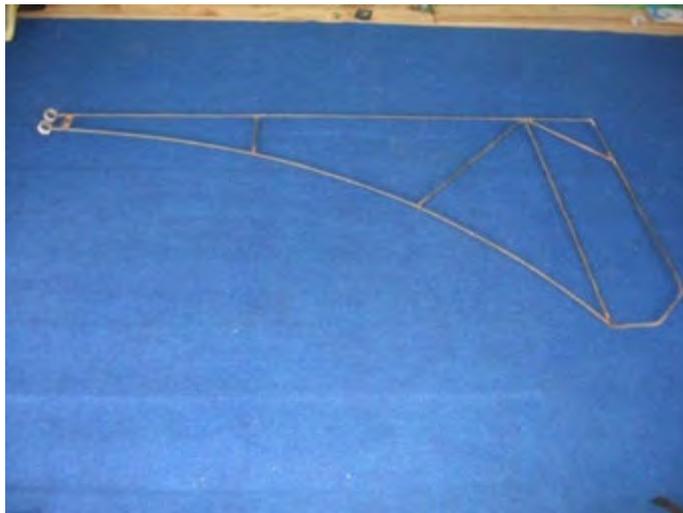
Kubah dikerjakan setelah tangki pencerna selesaidibangun.Sebelum membangun kubah perlu dibuat cetakan terlebih dahulu.Cetakan kubah dapat terbuat dari tanah ataupun cetakan khusus yang dibuat untuk tujuan itu. Sebagai contoh adalah cetakan yang terbuat dari bahan logam, akan tetapi cetakan ini harganya relatif cukup mahal, sebagaimana terlihat pada gambar-gambar berikut ini :

Gambar 79.Contoh cetakan kubah dari plat besi (1)

Gambar 80.Contoh cetakan kubah dari plat besi (2)

Seperti telah disebutkan di atas cetakan kubah dapat terbuat dari tanah, yaitu tanah sisa galian yang diisikan ke dalam tangki pencerna.Untuk membuat bentuk kubah lebih simetris dan sesuai ketentuan/gambar maka digunakan mal yang terbuat dari besi yang dibuat khusus untuk membuat cetakan tersebut. Walaupun demikian mal dapat juga terbuat dari kayu (akan dijelaskan kemudian). Setelah selesai/sesuai dengan ukuran dan bentuk yang diinginkan, maka cetakan tanah dilapisi dengan pasir basah setebal 1 cm.

Langkah-langkah pembuatan cetakan kubah ini adalah sebagai berikut :

1) Persiapkan terlebih dahulu mal dari besi yang akan digunakan untuk membuat cetakan kubah.

Gambar 81. Mal cetakan kubah

2) Pasang dinding sementara dari batu bata tanpa adukan antara *digester* dan *manhole* agar tanah tidak masuk ke dalam *manhole*, dan akan berfungsi juga untuk menahan bekisting balok kubah.

Gambar 82. Pasangan bata pada *Manhole*

3) masukkan tanah ke dalam *digester* sambil dipadatkan. Pemadatan dilakukan lapis demi lapis.

Gambar 83. Pemadatan tanah lapis demi lapis

4) Pasang bekisting untuk balok kubah. Balok yang akan dicor mempunyai ukuran 20 x 25 cm.

Gambar 84. Pemasangan bekisting untuk balok kubah

5) Ketika tanah sudah mencapai ketinggian yang diinginkan maka permukaan tanah sudah dapat mulai dibentuk, sambil tetap dipadatkan.

Gambar 85. Pembentukan cetakan kubah dengan mal

6) Bagian tepi bawah juga harus dibentuk sesuai dengan bentuk mal.

Gambar 86. Pembentukan tepi kubah dengan mal

7) Apabila cetakan sudah sesuai dengan bentuk yang diinginkan, maka lapisi dengan pasir basah. Fungsi dari pasir ini disamping untuk lebih menutup lubang-lubang kecil, juga bertujuan agar tanah tidak melekat pada bagian dalam kubah.

Gambar 87. Melapisi kubah dengan pasir basah setebal ± 1 cm

8) Lakukan pelapisan hingga seluruh cetakan tertutup dengan pasir dan siap untuk digunakan.

Gambar 88. Cetakan kubah setelah dilapisi pasir

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   a.
   b.
   c.
   d.

3)
   a.
   b.
   c.
   d.

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)

a.

b.

c.

d.

9)

a.

b.

c.

d.

10)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

8. Pengecoran Kubah

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan belajar ini peserta didik dapat melakukan pengecoran kubah sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

Kubah merupakan salah satu bagian konstruksi reaktor biogas yang paling penting, artinya apabila terjadi kebocoran akibat kesalahan pekerjaan konstruksi, maka akan diperlukan pekerjaan serta waktu yang banyak untuk memperbaikinya. Oleh karena itu pengecoran kubah harus dilakukan dengan sangat hati-hati dan teliti.Pengecoran kubah dilakukan setelah cetakan kubah dari tanah selesai dikerjakan.Mal untuk pengecoran kubah dapat terbuat dari besi maupun kayu.Jika mal tidak ada maka dapat digunakan patok-patok kayu kecil yang ditanam pada bekisting dengan bagian yang menonjol sesuai dengan ketebalan kubah pada masing-masing posisi.Bagian yang menonjol inilah yang nantinya dijadikan patokan untuk pengecoran kubah.

Pada akhir pengecoran pipa gas utama harus dipasang dan tidak menunggu hingga beton mengering, karena hal ini akan menyebabkan kemungkinan terjadinya kebocoran pada sambungan sangat besar. Pipa gas utama harus dipasang setegak mungkin dan untuk itu dapat digunakan unting-unting atau lot. Tetapi cara paling praktis adalah menggunakan *waterpass*.

Sebagaimana disebutkan mal yang terbuat dari besi adalah mal yang kita gunakan pada pembuatan cetakan kubah dari tanah.Sebagai acuan ketebalan kubah dapat digunakan sebatang pipa PVC.Gambar-gambar berikut menunjukkan mal yang terbuat dari besi maupun kayu.

Campuran beton yang digunakan untuk kubah adalah 1 : 2 : 3. Setelah pengecoran selesai kubah harus dirawat antara lain dengan cara disiram air. Beton dianggap telah mempunyai kekuatan setelah berumur 3 hari, yaitu sebesar ± 40% dari kekuatan pada umur 28 hari.

Langkah-langkah pengecoran kubah adalah sebagai berikut :

1) Mempersiapkan mal besi dengan menggunakan pipa PVC sebagai acuan ketebalan beton.

Gambar 89. Menyiapkan mal besi sebagai acuan pengecoran

2) Setelah mal disiapkan, maka curahkan adukan di atas cetakan, dimulai dari yang paling bawah.

Gambar 90. Mencurahkan adukan dimulai dari bawah cetakan

3) Kemudian curahkan adukan secara perlahan-lahan ke bagian atas mengikuti lengkungan mal. Adukan jangan ditekan terlalu keras, karena hal ini akan menyebabkan adukan menekan cetakan kubah.

Gambar 91. Mencurahkan adukan beton di bagian atas kubah

4) Cor beton bagian demi bagian.

Gambar 92. Pengecoran beton bagian demi bagian

5) Bagian puncak tidak dicor penuh. Hal ini nantinya sebagai tempat untuk meletakkan pipa gas utama.

Gambar 93. Menyiapkan tempat pipa gas utama

6) Pasang pipa gas utama

Gambar 94. Pemasangan pipa gas utama

7) Pastikan posisi pipa gas utama benar-benar tegak.

Gambar 95.Pipa gas utama harus dipasang setegak mungkin

8) Rapikan permukaan kubah setelah pipa gas utama selesai dipasang.

Gambar 96. Permukaan kubah setelah dirapikan

Setelah pengecoran selesai kubah harus sering disiram air untuk mencegah terjadinya susut beton akibat panas yang berlebihan.Penyiraman harus menunggu beton agak kering terlebih dahulu.Bila beton selesai menjelang malam maka sebaiknya digunakan karung basah untuk mengurangi panas yang terjadi.

Alternatif lain untuk melakukan pengecoran kubah adalah dengan penggunaan mal dari kayu. Mal kayu dibuat dari papan atau multipleks dengan membentuknya sesuai dengan gambar mal (cetakan) yang dapat dilihat di bagian Lampiran.

Gambar 97. Penggunaan mal kayu sebagai cetakan beton (1)

Gambar 98.Penggunaan mal kayu sebagai cetakan beton (2)

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

11)
   a.
   b.
   c.
   d.

12)
a.
b.
c.
d.

13)
a.
b.
c.
d.

14)
a.
b.
c.
d.

15)
a.
b.
c.
d.

16)
a.
b.
c.
d.

17)
a.
b.
c.
d.

18)

a.

b.

c.

d.

19)

a.

b.

c.

d.

1)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

9. Pengecoran Plat Penutup *Outlet*

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan ini, peserta didik diharapkan mampu mengecor/membuat plat penutup *Outlet*.

b. Uraian Materi

Fungsi dari Penutup *outlet adalah* untuk menghindari manusia (khususnya anak-anak) dan hewan jatuh ke dalamnya dan untuk menghambat air hujan masuk ke dalam reaktor dan membantu mencegah penguapan *bio-slurry* pada musim kering. Ukuran dari plat penutup *outlet* adalah sedemikian rupa sehingga mudah dibawa oleh 3 – 4 orang.

Penutup *outlet* dapat dicor bersamaan pada saat proses pengecoran kubah, maksudnya adalah agar :

- Adukan sisa pengecoran kubah dapat dimanfaatkan untuk pengecoran plat penutup *outlet*.
- Pengecoran yang lebih awal akan memperpanjang umur perawatan beton pada saat akan dipindahkan dari tempat pengecoran ke *outlet* yaitu menjadi paling tidak 5 hari. Perlu diketahui bahwa plat ini nantinya harus diangkat dari tempat pengecoran, sehingga plat harus mempunyai kekuatan.

Campuran adukan beton untuk plat penutup *outlet* adalah 1 : 2 : 4.

Yang perlu diperhatikan juga adalah hindari adanya lubang pada pelat, untuk menghindari karat pada tulangan akibat uap pada *Outlet*, jika terdapat lubang maka harus segera ditutup dengan adukan serta pada saat meletakkan pelat penutup *Outlet* ke atas *Outlet*, maka bagian atas harus tetap berada di atas, tidak boleh terbalik.

Agar plat penutup *outlet* dapat diangkat oleh 3 – 4 maka ukurannya sebaiknya mengikuti sebagaimana terdapat pada tabel berikut :

Tabel 8.Ukuran plat penutup *outlet* dan tulangan yang dibutuhkan.

Ukuran reaktor	Ukuran penutup dalam cm		Jumlah Penutup	Diameter besi tulangan	Jumlah besi baja yang dibutuhkan (batang)
	Panjang	Lebar			
4	164	62	3	8	4
6	174	68	3	8	5

8	184	72	3	8	6
10	204	78	3	10	7
12	224	82	3	10	8

Tebal plat penutup *outlet* adalah 6 – 7,5 cm dengan selimut beton sebesar 2 – 2,5 cm.

Langkah-langkah pengecoran plat penutup *outlet* adalah sebagai berikut :

1) Siapkan bekisting untuk pengecoran plat penutup *outlet*.

Gambar 99. Memasang bekisting plat penutup O*utlet*

2) Potong besi tulangan sesuai dengan kebutuhan.

Gambar 100. Pemotongan besi tulangan plat penutup O*utlet*

3) Pasang besi tulangan pada bekisting.

Gambar 101. Memasang besi tulangan plat penutup O*utlet*

4) Lakukan pengecoran beton pada bekisting

Gambar 102. Pengecoran plat penutup O*utlet*

5) Rapikan permukaan plat penutup *outlet*. Perlu diperhatikan bahwa pegangan untuk mengangkat beton dapat dibuat/dipasang bergantung kepada permintaan pengguna.

Gambar 103. Plat penutup *Outlet*setelah selesai dicor

Perawatan plat penutup O*utlet*sama dengan kubah, yaitu harus dibasahi secara teratur untuk mengurangi panas yang berlebihan.

Untuk memeriksa isi *outlet* tanpa harus membuka plat penutup dapat dibuatkan lubang dari pipa PVC. Lubang ini nantinya ditutup dengan menggunakan *dop*.

Membuat lubang dengan pipa PVC merupakan opsi dan bukan suatu keharusan dan tidak dianjurkan.Kelemahan dari pembuatan lubang ini adalah adanya kemungkinan anak-anak yang bermain di tempat itu dan membuka serta memasukkan batu-batu kecil ke dalam lubang.

Sebelum menempatkanplat penutup Outlet pada tempatnya, maka pada saat akan diangkat periksa bagian bawah plat apakah ada lubang-lubang kecil. Jika ada segera tutup bagian itu dengan campuran semen dan pasir 1:2 @ 3.

Gambar 104. Proses pengangkatan plat penutup *Outlet*

Gambar 105. Pemeriksaan bagian bawah plat penutup *Outlet*

c. Rangkuman

d. Tugas

c.
d.

7)
a.
b.
c.
d.

8)
a.
b.
c.
d.

9)
a.
b.
c.
d.

10)
a.
b.
c.
d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

10. Pekerjaan *Turret*

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bagian ini, peserta didik diharapkan mampu melaksanakan pekerjaan *Turret*.

b. Uraian Materi

Turret adalah menara kecil yang terdapat di atas kubah.Fungsi *Turret* adalah untuk melindungi pipa gas utama agar terlindung dari gangguan yang dapat menyebabkan pipa gas utama bergeser dari posisi semula.*Turret* dipasang paling lambat sehari setelah kubah dilapisi semen.Jika terlambat, dapat menyebabkan kebocoran antara pipa gas utama dan kubah.Pembangunan menara kecil ini harus dilakukan pada saat beton di permukaan luar kubah kering.

Menara dapat dibangun dengan menggunakan beton apabila ada sisa adukan dari lapisan kubah.Ukuran menara disesuaikan dengan ukuran batu dan batu bata. Menara boleh berbentuk persegi atau lingkaran. Jika berbentuk persegi ukuran *Turret* adalah 36 x 36 cm sedangkan apabila dibuat berbentuk lingkaran, diameternya harus sebesar 20 cm. Tinggi menara sekurang-kurangnya adalah 40 cm.

Langkah-langkah untuk pemasangan *Turret* adalah sebagai berikut :

1) Jika bahan yang digunakan batu bata maka gambar dulu *lay outTurret* di atas kubah. Kemudian pasang batu bata. Selalu periksa kedataran, ketegakan, kelurusan dan kerataan pasangan *Turret*. Pemeriksaan dilakukan setiap pemasangan 1 lapisan selesai.

Gambar 106. Pemeriksaan kedataran pasangan bata

2) Periksa kesikuan setiap pemasangan 1 lapisan selesai

Gambar 107. Pemeriksaan kesikuan pasangan bata

3) Lakukan pemlesteran *Turret*.

Gambar 108. Pemlesteran *Turret*

4) Lakukan pengacian pada *Turret*.

Gambar 109. Pengacian *Turret*

5) Pemasangan *Turret* dengan menggunakan adukan beton dan berbentuk persegi. Buat terlebih dahulu bekisting *Turret*, jaga agar bekisting tidak bergeser dengan cara memberi perkuatan. Kemudian masukkan adukan beton dengan campuran 1 : 3 : 5 @ 6

Gambar 110. Pemasangan bekisting turet dari beton

6) *Turret* yang telah selesai dicor.

   Setelah Turret selesai dicor, maka lakukan pendinginan dengan menutupinya dengan karung basah.

Gambar 111.*Turret* setelah selesai dicor

c. Rangkuman

d. Tugas

c.
d.

7)
a.
b.
c.
d.

8)
a.
b.
c.
d.

9)
a.
b.
c.
d.

10)
a.
b.
c.
d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

11. Pekerjaan *Outlet*

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pelajaran ini, peserta didik diharapkan mampu melaksanakan pekerjaan *outlet*sesuai dengan ketentuan yang diberikan.

b. Uraian Materi

Outlet disebut juga dengan ruang hidrolis atau ruang pemisah berfungsi sebagai tempat penampungan *bio-slurry* sebelum dialirkan menuju *slurry pit* melalui *overflow*. *Outlet* sangat penting untuk membantu proses penekanan gas di dalam kubah untuk dialirkan ke kompor di dapur.

Penggalian untuk ruang *outlet* dilakukan tepat dibelakang *manhole*, tingkat kedalaman galian diukur dari lantai *digester* (tidak termasuk tebal lantai *digester*).Ukuran harus akurat sesuai kapasitas mengingat fungsinya yang telah disebutkan di atas.

Tangki *outlet* dibuat lebih tinggi dari tanah dasar sekeliling untuk mencegah masuknya air limpahan dari luar, ketinggian ini adalah sebesar 15 cm. Pada *outlet* dibuatkan lubang kecil atau *overflow* yang berfungsi untuk mengalirkan *bio-slurry* pada *outlet* untuk kemudian ditampung pada *slurry pit.* Ukuran overflow adalah 10 x 20 cm atau dapat juga dibuat dengan ukuran 15 x 15 cm.

Langkah-langkah untuk memasang overflow adalah sebagai berikut :

1) Periksa kembali lubang galian yang disediakan untuk *outlet*. Kemudian ratakan dan bersihkan permukaan tanah dimana *outlet*akan dipasang.
2) Susun bata sedemikian rupa sebagai lantai kerja. Jangan lupa untuk memeriksa kedataran lantai kerja tersebut. Untuk lantai kerja dapat juga pasangan batu kali tanpa adukan (batu kosong) atau kerakal (agregat kasar dengan ukuran lebih besar dari kerikil).

Gambar 112. Menyusun bata untuk lantai kerja

3) Setelah susunan bata tersebut selesai hamparkan pasir di atas susunan batu bata kemudian gunakan sapu lidi agar pasir masuk ke dalam celah-celah batu bata. Percikkan air ke permukaan lantai kerja, kemudian hamparkan lagi pasir untuk mengisi celah yang terjadi akibat percikan air tadi. Langkah ini persis sama ketika pemasangan lantai kerja pada pemasangan *digester*.

Gambar 113. Penghamparan pasir untuk mengisi celah antara bata

4) Lakukan persiapan untuk pengecoran lantai *outlet*, diantaranya dengan memasang bekisting pada *manhole*.

Gambar 114. Memasang bekisting untuk *manhole*

5) Setelah persiapan selesai hamparkan adukan beton ke atas lantai kerja. Campuran untuk lantai kerja adalah 1 : 3 : 5 @ 6. Kemudian rapikan permukaan lantai dasar *outlet*.

Gambar 115.Pengecoran lantai *Outlet*

6) Setelah lantai dasar *outlet* kering, lakukan persiapan untuk memasang dinding *outlet*, antara lain dengan membuat profil untuk pemasangan batu bata.

Gambar 116. Pemasangan profil pasangan pada lantai *Outlet*

7) Sebelum melaksanakan pekerjaan pasangan bata lakukan *lay out* dengan cara menyusun batu bata tanpa adukan.

Gambar 117. Menyusun bata tanpa adukan

8) Pasang batu bata lapis demi lapis. Tetap periksa ketegakan, kedataran, kerataan dan kelurusan pasangan.

Gambar 118. Pekerjaan pasangan bata dinding *Outlet*

9) Kamprot dinding *outlet* sebagai persiapan pemlesteran. Bagian luar dari dinding tidak perlu diplester, melainkan hanya dikamprot saja.

Gambar 119. Pekerjaan pemlesteran dinding *Outlet*

10) Overflow pada *outlet*

Overflow berfungsi untuk mengalirkan *bio-slurry* dari *Outlet* ke lubang kompos. Lubang *outlet* dibuat pada saat pekerjaan dinding *outlet*.

Gambar 120.*Overflow* pada *outlet*

11) *Outlet* siap digunakan.

Gambar 121.*Outlet* yang telah selesai dibangun

Outlet juga dapat dibuat dari pasangan batu kali.Semua dimensi yang digunakan untuk *outlet* yang terbuat dari pasangan batu bata dapat digunakan untuk pasangan batu kali.Berikut adalah contoh pemasangan *outlet* dari pasangan batu kali.

Gambar 122.*Outlet* dari pasangan batu kali

c. Rangkuman

d. Tugas

e. es Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   a.
   b.
   c.
   d.

3)
   a.
   b.
   c.
   d.

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)
   a.
   b.
   c.
   d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

12. Pekerjaan *Inlet*

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan kegiatan pembelajaran ini, peserta didik diharapkan mampu memasang *inlet* sesuai dengan ketentuan yang diberikan.

b. Uraian Materi

Inlet atau tangki pencampur adalah tempat mencampur kotoran hewan dengan air sebelum dialirkan ke dalam *digester* melalui pipa *inlet*.Biasanya *inlet* baru dibangun setelah *outlet* selesai dibangun, namun bisa saja keduanya dikerjakan bersamaan.

Pipa *inlet* ditempatkan sejajar dengan posisi tiang pipa gas utama dan *overflowoutlet*.

Ketinggian dasar bangunan *inlet* dapat ditentukan dengan cara lantai tangki *inlet* ditempatkan lebih tinggi kira-kira 15 cm dari overflow *outlet*. Tujuannya adalah agar kotoran hewan tidak kembali keluar melalui *inlet*, bahkan dapat juga mengakibatkan *slurry* masuk ke dalam pipa gas utama.

Tinggi bangunan *inlet* minimal 50 cm dan maksimal 100 cm dari tanah dasar, dengan diameter *inlet* 60 cm.

Untuk mengaduk kotoran hewan *inlet* dibangun dengan memasang *mixer* didalamnya.*Mixer* dapat bermacam-macam modelnya.Yang penting diperhatikan adalah bahwa pada saat mengaduk *mixer* tidak terkena dinding *inlet*, serta ketinggiannya diatur sedemikian rupa sehingga nyaman waktu digunakan.

Gambar 123. Mixer untuk mengaduk pada pipa *inlet*

Pada saat ketinggian bundaran lubang telah mencapai 45 cm, batang pengikat *mixer* harus dipaskan untuk mengencangkan *mixer*.Pisau *mixer* berada maksimal 3 cm dari dasar *Inlet*.

Jika pengguna menginginkan kotoran dari *toilet* dimasukkan ke dalam reaktor maka pipa *inlet* yang berasal dari toilet tidak boleh lebih 30° dari garis lurus dan 15 cm diatas ketinggian dari *overflow outlet*.

Letak *inlet* bergantung kepada kondisi dari lokasi dan permintaan pengguna.Apakah tepat di atas mulut pipa *inlet* atau dekat dari kandang sehingga jauh dari mulut pipa *inlet*.

Langkah-langkah pemasangan *inlet* adalah sebagai berikut :

1) Gambarkan di atas tanah*lay out* untuk pondasi *inlet* berupa lingkaran dengan diameter sebesar diameter luar *inlet* ± 5 cm.

Gambar 124. Menggambar lay out inlet di atas tanah

2) Gali tanah untuk menyesuaikan ketinggian dasar *inlet* dengan yang ditentukan.

Gambar 125. Menggali tanah untuk menyesuaikan dasar *inlet*

3) Susun batu bata, atau batu atau kerikil pada lubang pondasi yang telah digali tadi. Pasang as dari kayu atau pipa besi (pipa besi bekas as dari pengecoran kubah). Selanjutnya isi celah-celah batu bata dengan pasir atau pasir dari sisa pengayakan.

Gambar 126. Menyusun bata dan menghamparkan pasir

4) Hamparkan adukan beton 1 : 3 : 5 @ 6 dengan ketebalan 5 – 7 cm. Untuk bekisting dapat digunakan batu bata.

Gambar 127. Mengecor lantai dasar *inlet*

5) Gambarkan kembali *lay outinlet*di atas pondasi *inlet untuk* pasangan dinding batu bata.

Gambar 128. Menggambar *lay out inlet* di atas pondasi

6) Pasang batu bata dan pipa saluran dari *inlet* menuju mulut pipa *inlet*.

Gambar 129. Memasang bata dan pipa saluran

7) Pasang kotak pada mulut pipa *inlet*

Gambar 130. Memasang kotak pada mulut pipa *inlet*

8) Pada saat pasangan batu bata mencapai ketinggian 45 cm, maka lakukan *setting out mixer* pada *inlet*.

Gambar 131.*Setting outmixer* pada *inlet*

9) Kemudian cabut kembali *mixer* dan lakukan *finishing* pada *inlet*.

Gambar 132. Pekerjaan *finishing inlet*

10) Kemudian pasang kembali *mixer* dan selesaikan sisa batu bata yang belum terpasang.

Gambar 133. Pemasangan *mixer* dan *finishing*kembali*inlet*

11) *Inlet* yang telah selesai dipasang/dikerjakan.

Gambar 134.*Inlet* yang telah siap digunakan

Selanjutnya untuk inlet yang terbuat dari pasangan batu kali, langkah-langkah pemasangan tidak jauh berbeda dengan inlet yang terbuat dari pasangan batu bata, sebagaimana ditunjukkan pada gambar-gambar berikut ini.

Gambar 135. Menggambar *lay out inlet*

Gambar 136. Memasang batu kali dan pipa saluran

Gambar 137. Memasang dinding *inlet*

Gambar 138. Melakukan *finishing inlet* sebelum pemasangan *mixer*

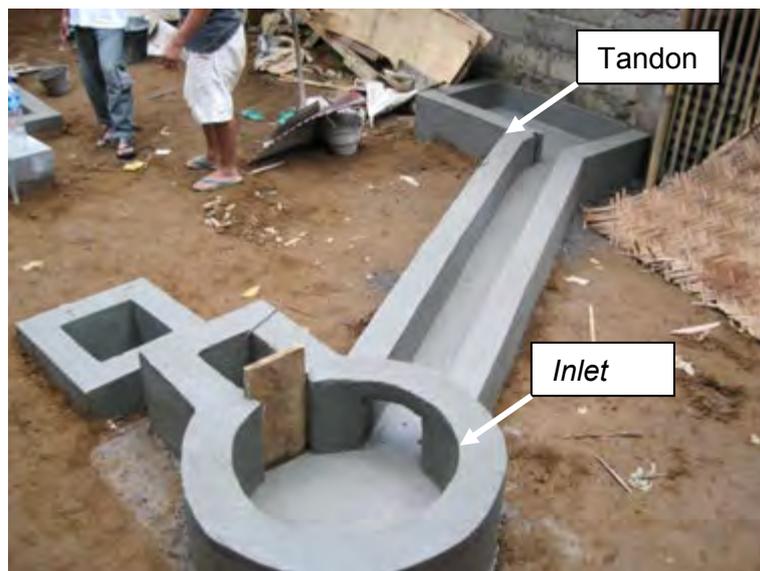
Gambar 139. Inlet siap digunakan

Perhatikan gambar di atas, terlihat bahwa ada pipa PVC yang menonjol.Pipa tersebut dimaksudkan untuk disambung ke toilet (jamban) keluarga.

Perlu diketahui disini, *inlet* untuk reaktor biogas yang menggunakan kotoran babi sedikit berbeda dengan yang menggunakan kotoran sapi.

Adapun perbedaan antara ke dua reaktor ini adalah, pada reaktor biogas yang menggunakan kotoran babi:

1) *Inlet* tidak menggunakan *mixer*;
2) Tinggi *Inlet* 25 – 45 cm;
3) Ada penambahan tandon untuk tempat mencampur kohe babi;
4) Ukuran (dalam) Tandon 1,50 m x 1,00 m x 0,30 m (tidak mutlak), boleh 1,20 x 1,20 x 0,20 dsb.

Untuk point 2) dan 4), bergantung pengisian harian dan keinginan pengguna, ada juga pengguna yang tidak menggunakan tendon.

Gambar 140. Contoh *inlet* yang menggunakan kotoran babi

Gambar 141. Contoh *inlet* tanpa tandon

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   a.
   b.
   c.
   d.

3)
   a.
   b.
   c.
   d.

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

13. Pekerjaan Instalasi Pipa

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan ini, peserta didik diharapkan mampu melaksanakan instalasi pipa reaktor biogas sesuai dengan ketentuan.

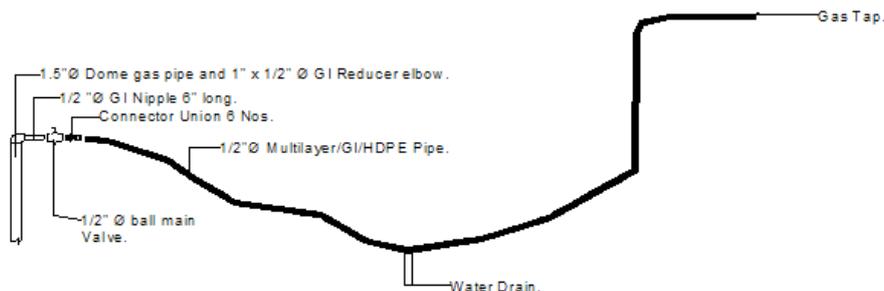
b. Uraian Materi

Instalasi pipa merupakan penghubung antara reaktor dengan instalasi kompor di dapur dan berfungsi menyuplai gas yang dihasilkan di reaktor biogas tersebut.Untuk sistem penyuplai gas ini digunakan pipa PVC dan pipa Besi. Diameter pipa besi dan pipa PVC yang digunakan adalah sebesar ½ “.

Pemasangan instalasi jaringan pipa ke rumah bisa terletak di atas atau ditanam di dalam tanah dengan kedalaman 30 cm minimal. Karena umumnya diperlukan pipa yang cukup panjang, maka pipa harus disambung dengan menggunakan *fitting*. Setiap *fitting* harus dililit dengan selotip teflon pipa.

Berhubung kebocoran gas dapat terjadi pada sistem perpipaan, maka sebaiknya sambungan pipa diminimalisir agar dapat mengurangi peluang kebocoran gas.

Selain gas reaktor juga menghasilkan air.Air yang terperangkap di dalam gas dapat mengakibatkat tidak lancarnya aliran gas yang menuju kompor. Salah satu indikator bahwa terdapat air yang terperangkap di dalam pipa adalah nyala api di kompor yang bercampur warna kuning.

Untuk membuang air yang terperangkap tersebut, maka dibuatkan insta-lasi *Water drain*.*Water drain* diletakkan pada titik terendah pada jaringan pipa, sedangkan jumlah *Water drain* dimungkinkan lebih dari satu, bergan-tung pada kondisi lapangan.

Langkah-langkah pemasangan instalasi pipa reaktor biogas adalah sebagai berikut :

1) Pasang pipa penyambung antara pipa gas utama dengan pipa PVC yang telah tersedia dan memenuhi standarpada pipa gas utama.

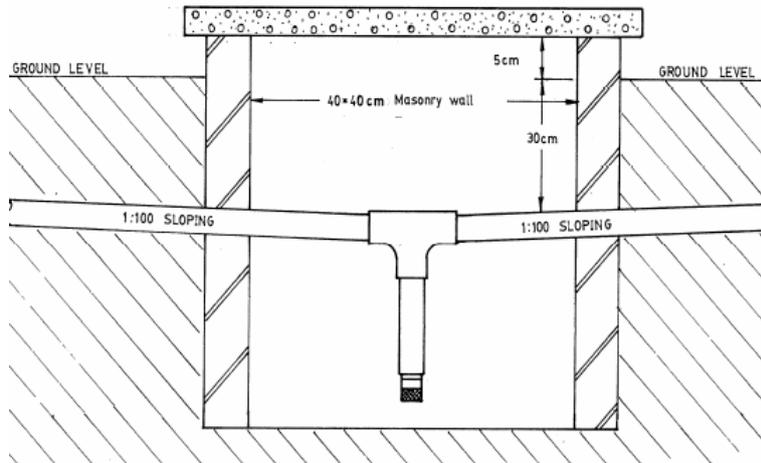
Gambar 142. Pemasangan pipa penyambung

2) Pasang pipa PVC dari pipa gas utama hingga ke dapur atau tempat lain dimana kompor atau lampu terdapat.

Gambar 143. Pemasangan pipa PVC yang menuju ke dapur

3) Tentukan letak titik terendah dari jaringan pipa PVC tersebut, dimana *Water drain*akan dipasang.

Gambar 144. Penggalian tanah untuk kotak *water drain*

4) Konstruksi *Water drain* adalah sebagai berikut :

Gambar 145. Konstruksi kotak *water drain*

Gambar 146.*Water drain* harus dipasang dengan posisi miring

Gambar 147. Kotak water drain yang dipasang dekat reaktor biogas

5) Contoh kasus *Water drain* tanpa menggunakan kotak pelindung.

Gambar 148. Pemasangan *water drain* tanpa kotak

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   a.
   b.
   c.
   d.

3)
   a.
   b.
   c.
   d.

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

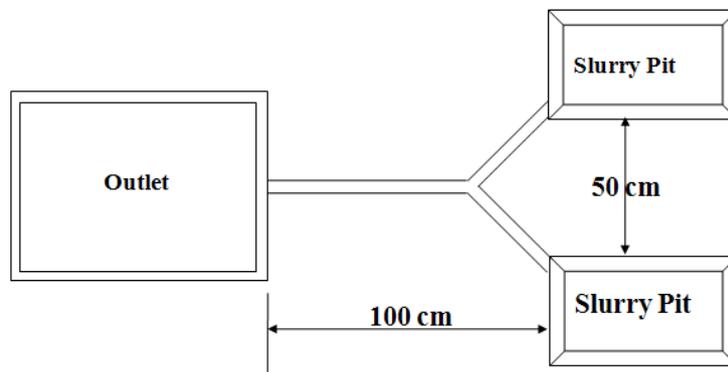
14. Pekerjaan *Slurry pit*

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bagian ini peserta didik diharapkanakan mampu melaksanakan pekerjaan *slurry pit* sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

Slurry pit (lubang kompos) merupakan tempat pembuangan *bio-slurry* setelah selesainya proses fermentasi di dalam *digester*. *Slurry* yang telah dibuang sudah tidak berbau sehingga tidak mengganggu lingkungan dan dapat digunakan langsung sebagai pupuk organik.

Slurry pit digali dekat dengan *Outlet*. Minimal ada dua *slurry pit* yang harus digali, dengan jarak minimum 100 cm dari *outlet*. Volume (isi) dari kedua *slurry pit* paling tidak sama dengan isi tempat pengolahan (*digester*). Kedalaman lubang kompos tidak boleh melebihi 1,00 meter dan jarak antara kedua lubang maksimal 50 cm.

Gambar 149. Gambar denah lubang kompos (*slurry pit*)

Panjang dan lebar di bagian atas harus melebihi bagian bawah. Tepi *slurry pit* harus ditinggikan 10 cm di semua sisi untuk mencegah masuknya air limpasan masuk ke lubang kompos.

Gambar 150. Gambar potongan melintang kompos (*slurry pit*)

Slurry pit yang menjadi standar dapat terbuat dari tanah tanpa pasangan. Tapi ada kasus tertentu dimana *slurry pit* terbuat dari pasangan bata, hal ini tergantung kepada pengguna.

Berikut ini adalah beberapa contoh *slurry pit* yang telah selesai dibangun.

Gambar 151. Contoh lubang kompos tanpa pasangan

Gambar 152.Lubangkompos dari tanah dengan saluran pasangan

Gambar 153. Contoh *slurry pit* dari pasangan bata

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   a.
   b.
   c.
   d.

3)
   a.
   b.
   c.
   d.

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

15. Pekerjaan Instalasi Manometer & Kompor Gas

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari kegiatan ini peserta didik diharapkan mampu melaksanakan pemasangan Instalasi Manometer & Kompor Gas sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

Pekerjaan pemasangan instalasi Manometer dan Kompor Gas dilakukan setelah pekerjaan instalasi pipa selesai dilakukan.Manometer berfungsi untuk mengetahui besarnya tekanan gas pada reaktor.Dengan demikian pengguna dapat langsung menggunakan gas berdasarkan ketersediaan yang ada.Sistem ini merupakan salah satu kelebihan dari sistem reaktor dengan menggunakan plastik atau *fibre*. Manometer yang akan digunakan dapat dibuat sendiri (tidak perlu buatan pabrik). Manometer dihubungkan dengan instalasi pipa dengan menggunakan *nipple* yang sesuai standar.

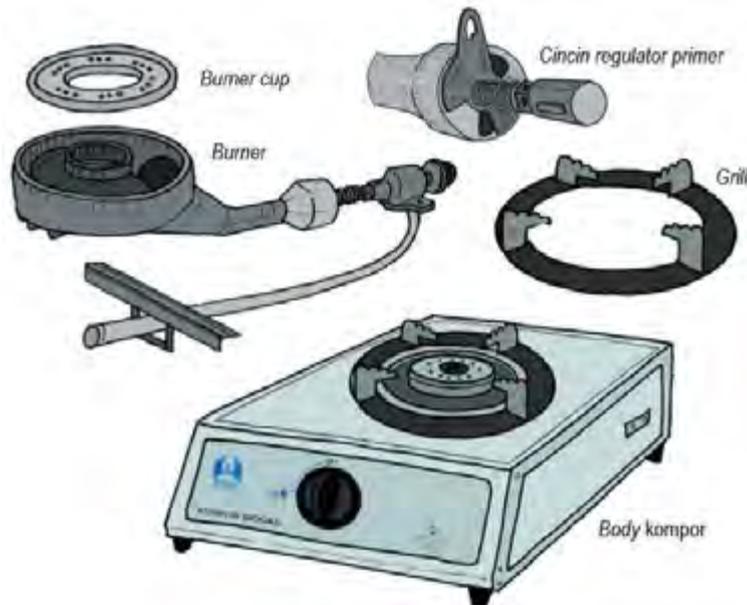
Gambar 154.Contoh manometer

Gambar 155.Garis tekanan pada manometer

Untuk cairan yang akan diisikan pada manometer dapat digunakan minuman ringan dan sebaiknya yang warna merah.

Gambar 156. Pengisian cairan ke dalam Manometer

Kompor yang digunakan untuk keperluan memasak dengan biogas berbeda dengan kompor gas yang menggunakan bahan baku elpiji. Lubang tempat keluarnya gas pada kompor biogas lebih kecil dari kompor untuk gas elpiji.Kompor ini sudah banyak terdapat di pasaran termasuk dari pabrikan terkenal.

Gambar 157.Contoh kompor biogas

Gambar 158. Komponen kompor biogas

Setelah instalasi manometer dan kompor gas selesai dipasang, sebaiknya dilakukan pemeriksaan kebocoran instalasi pipa secara keseluruhan.Cara paling mudah memeriksa kebocoran sistem pemipaan adalah dengan menggunakan air sabun.

Langkah-langkah pemasangan instalasi manometer dan kompor gas adalah sebagai berikut :

1) Pasang *fitting* T sebelum akhir dari jaringan pipa, yaitu ujung terakhir yang menghubungkannya dengan kompor.

Gambar 159. Pemasangan *fitting* T sebelum ujung akhir pipa

2) Kemudian pasangkan *nipple* pada *fitting* tersebut

Gambar 160. Contoh *nipple*

Gambar 161. Pemasangan *nipple* pada *fitting* T

3) Hubungkan *nipple* dengan selang manometer.

Gambar 162. Menghubungkan manometer dengan *nipple*

4) Pasang *knee* pada ujung instalasi pipa kemudian pasang kran gas pada *knee* tersebut.

Gambar 163. Pemasangan keran gas

5) Hubungkan kran tersebut dengan kompor dengan menggunakan pipa PE

Gambar 164. Menghubungkan keran gas dengan kompor

6) Berikut adalah gambar contoh instalasi manometer dan kompor yang sudah terpasang.

Gambar 165.Contoh instalasi manometer dan kompor

7) Setelah instalasi manometer dan kompor selesai dilaksanakan maka lakukan pemeriksaan kebocoran. Kebocoran yang paling umum ditemukan adalah pada sambungan yang menghubungkan pipa/selang plastik manometer dengan *nipple*, atau pada sambungan-sambungan pipa. Gambar berikut menunjukkan salah satu temuan kebocoran pada pipa.

   Cara yang mudah dan praktis untuk memeriksa kebocoran adalah dengan menggunakan air sabun. Langkah-langkah pemeriksaan kebocoran pada instalasi pipa reaktor biogas adalah sebagai berkut:

   a. Setelah pipa dipasang maka tanah yang digali untuk jalur pipa jangan ditimbun dulu, agar memudahkan untuk melakukan pemeriksaan kebocoran pipa;
   b. Sediakan terlebih dahulu sabun (bubuk detergen) di dalam ember atau wadah lain;
   c. Masukkan air dan aduk dengan merata hingga menimbulkan buih;
   d. Masukkan kain atau lebih baik kantung plastik (bekas) ke dalam air sabun;
   e. Tutup kran (katup) pada pipa gas utama;
   f. Pompakan udara dengan cara meniup secara manual (dengan mulut) ke dalam instalasi pipa melalui selang yang akan dihubungkan ke kompor, atau dapat juga menggunakan pompa angin untuk sepeda;
   g. Catat besarnya tekanan udara di dalam instalasi pipa dengan cara membaca di manometer.
   h. Apabila beberapa saat setelah udara dipompa ke dalam instalasi pipa, ketinggian air pada manometer turun dengan cepat berarti ada kebocoran yang besar pada instalasi pipa tersebut.
   i. Lakukan pemeriksaan pada sambungan-sambungan terlebih dahulu, termasuk *nipple* dengan menutup sambungan (tidak perlu terlalu kuat menggenggamnya) dengan menggunakan kain atau kantong plastik tadi (lihat gambarberikut);
   j. Apabila ada kebocoran pada sambungan tersebut maka buih akan keluar dari kantong plastik tersebut. Segera ganti sambungan tersebut dengan yang baru.
   k. Apabila tidak terdapat kebocoran pada sambungan lakukan pemeriksaan pada pipa.
   l. Pemeriksaan kebocoran pada pipa relatif lebih sulit dan lama dilakukan karena pemeriksaan dilakukan secara menyeluruh. Pada salah satu kasus panjang instalasi pipa ada yang mencapai hingga 180 m (30 batang pipa PVC)

m. Apabila terdapat kebocoran pada pipa segera potong dan buang bagian yang bocor tersebut dan kemudian sambung kembali. Penyambungan pipa harus dilakukan dalam kondisi kering.

Gambar 166. Cara memeriksa kebocoran pipa pada sambungan

n. Kebocoran paling umum pada batang pipa terjadi akibat kurang hati-hatinya pengangkutan pipa dari tempat penjualan. Pipa diletakkan pada bak mobil pengangkut tanpa memberi alas dari bahan yang lunak, seperti kain atau kertas kartun (lihat gambar).

Gambar 167. Bagian dari pipa yang bocor

8) Kebocoran pada *nipple*

Kebocoran yang terjadi pada *nipple* dapat disebabkan selang yang terlalu besar, atau diameter mulut *nipple*yang tidak standar. Atasi hal ini segera sebelum pemeriksaan kebocoran selesai dilakukan.

Gambar 168. Mengatasi kebocoran pada nipple untuk sementara

Setelah kebocoran pipa selesai, maka pompa kembali udara ke dalam instalasi pipa reaktor biogas.Setelah mencapai angka tertentu, misal pada ketinggian 80 cm, catat atau beri tanda angka tersebut.Biarkan selama ± dua jam.Apabila ada penurunan yang signifikan maka lakukan pemeriksaan ulang terhadap kebocoran pipa.

Biogas untuk skala rumah tangga dapat digunakan baik untuk memasak maupun penerangan.Berikut adalah contoh penggunaan biogas untuk kompor dan lampu.

Gambar 169. Kompor biogas

Gambar 170. Lampu biogas

Gambar 171.Contoh lampu biogas di Sumba Barat Daya

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   e.
   f.
   g.
   h.

3)
   a.
   b.
   c.
   d.

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

16. *Finishing* Kubah

a. Tujuan Pembelajaran

Setelah menyelesaikan pembelajaran bagian ini, maka peserta didik diharapkan mampu melaksanakan pekerjaan *Finishing* Kubah sesuai dengan ketentuan.

b. Uraian Materi

Kubah yang telah dicor masih memungkinkan adanya lubang-lubang atau pori-pori kecil yang dapat mengakibatkan keluarnya gas.Oleh karena itu kubah bagian dalam perlu dilakukan *finishing* dengan memberi lapisan-lapisan tambahan.

Finishing dapat dilakukan setelah cetakan kubah (tanah) digali keluar dari *digester*, tanah boleh dikeluarkan setelah Kubah (*dome*) telah mempunyai kekuatan dan kubah dianggap telah mempunyai kekuatan setelah berumur 3 hari.

Prosedur *finishing* kubah adalah sebagai berikut :
Setelah tanah benar-benar terangkut dari dalam *digester*, bersihkan bagian dalam kubah dengan cara menggaruk dengan sikat dan menggosoknya.

Selama proses *finishing* tidak diperbolehkan ada orang yang lalu lalang di atas kubah, karena lapisan penutup belum kering sehingga dengan adanya getaran akan membuatnya terlepas.

Selanjutnya lapisi bagian dalam kubah yang telah bersih tadi dengan 6 (enam) lapisan sebagai berikut :

1) Lapisan 1: terdiri dari semen dan air dengan campuran 1:5, kemudian disapukan dengan kuas ke permukaan dalam kubah.
2) Lapisan 2: terdiri dari 10 mm plesteran dengan adukan semen dan pasir dengan perbandingan 1:3, pemlesteran dilakukan dengan menggunakan cetok semen dan roskam.
3) Lapisan 3: terdiri dari semen dicampur air dengan perbandingan 1:5, kemudian disapukan di dalam kubah.
4) Lapisan 4: dengan ketebalan 3 sampai 5 mm, terdiri dari semen dan pasir dengan campuran 1:2. Alat yang digunakan adalah sendok semen dan roskam.
5) Lapisan 5: plesteran dengan campuran semen dan cat acrylic emulsion paint mix dengan perbandingan 10:1. ketebalannya 3 sampai 5 mm diplester tipis dengan menggunakan roskam dan sendok semen.

6) Lapisan 6: permukaan dicat dengan menggunakan campuran dari semen-acrylic emulsion paint dengan perbandingan 2:1. Alat yang digunakan adalah kuas dengan lebar 10 cm.

Finishing dilakukan hingga tangki pencerna dengan jarak ± 10 cm dari pertemuan antara kubah dan tangki pencerna (*digester*).Berikut adalah gambar-gambar pelaksanaan *finishing*kubah :

Gambar 172.*Finishing* lapisan ke 1

Finishing dilakukan hingga ± 10 cm di bawah pertemuan antara kubah dengantangki pencerna.

Gambar 173. Gunakan cat yang mengandung *acrylic*

Gambar 174. Gunakan sendok dan roskam untuk plesteran

Gambar 175. Aduk cat terlebih dahulu

Gambar 176. Pencampuran semen dan cat *acrylic*

Gambar 177. Gunakan sendok spesi untuk lapisan ke 5

Gambar 178.Gunakan kuas untuk lapisan ke 6

Gambar 179.*Finishing* lubang untuk pipa gas utama harus rapi

c. Rangkuman

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

17. Penggalian Lubang *Biodigester*

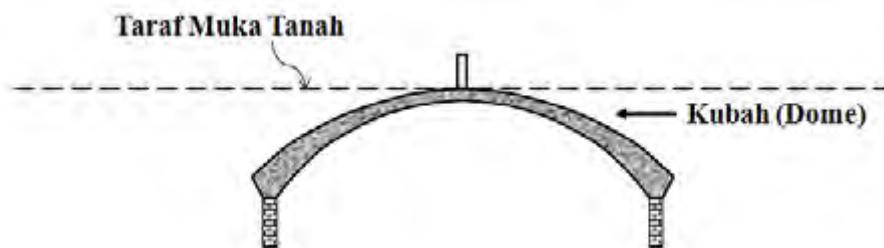
a. Tujuan Pembelajaran

Setelah mempelajari bagian ini peserta didik diharapkan mampu melakukan penggalian lubang *biodigester* sesuai dengan dimensi yang telah ditentukan.

b. Uraian Materi

Penentuan galian lubang untuk reaktor biogas perlu dilakukan dengan teliti agar pembangunan reaktor tidak mengakibatkan galian ataupun timbunan yang terlalu banyak/berlebihan. Untuk itu sebelum penggalian perlu diperhatikan kondisi permukaan tanah di lapangan, apakah permukaan tanah di lokasi reaktor akan dibangun mempunyai permukaan yang datar atau konturnya sedemikian rupa sehingga permukaan tanah mempunyai kemiringan tertentu serta permukaannya bergelombang.

Langkah-langkah penggalian lubang untuk pembangunan reaktor biogas dengan ukuran $6m^3$ adalah sebagai berikut :

1) Bersihkan permukaan tanah setelah lokasi reaktor, *outlet*, serta *inlet* ditentukan;
2) Tarik garis lurus yang menghubungkan *inlet*, reaktor, dan *outlet* (biasanya disebut sebagai garis pertengahan atau garis as);
3) Tentukan tinggi lokasi. Sebaiknya ketinggian lokasi disesuaikan dengan ketinggian tanah dimana bagian atas kubah (bagian luar) harus tepat muncul di tingkatan ini.

Gambar 180.Elevasi puncak kubah terhadap taraf muka tanah

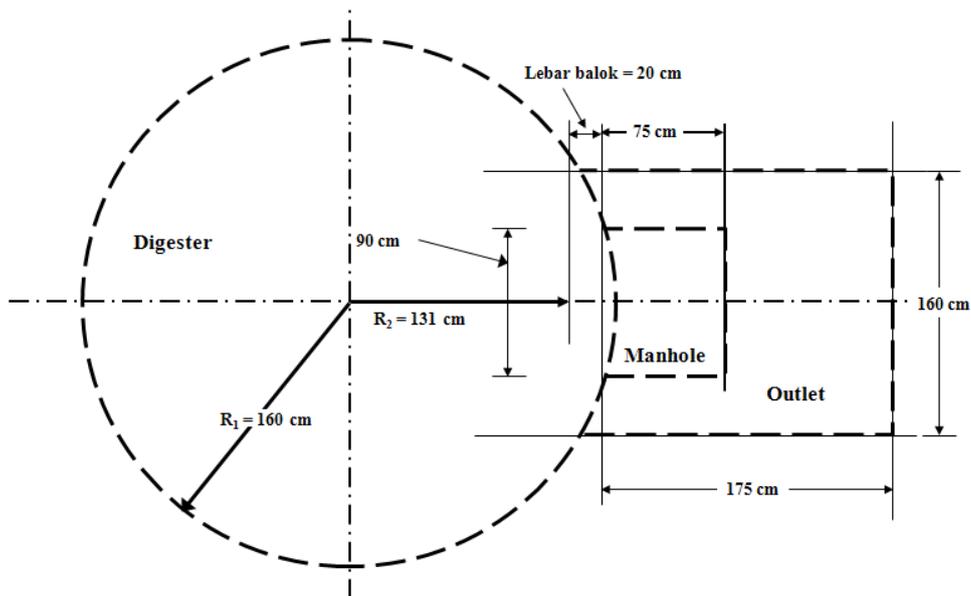
4) Selanjutnya gambarkan *lay out* reaktor tersebut di atas tanah dengan langkah-langkah sebagai berikut :
   a. Tentukan titik pusat *digester* dan siapkan tali untuk menjadi ukuran jari-jari *digester*.
   b. Gambarkan lingkaran dengan jari-jari R_1 = 1,60 m. ini merupa-kan jari-jari lantai pondasi.
   c. Ambil jarak pada garis as dari pusat lingkaran sebesar R_2 = 1,31 m. ini merupakan jari-jari dinding *digester* tanpa plesteran.

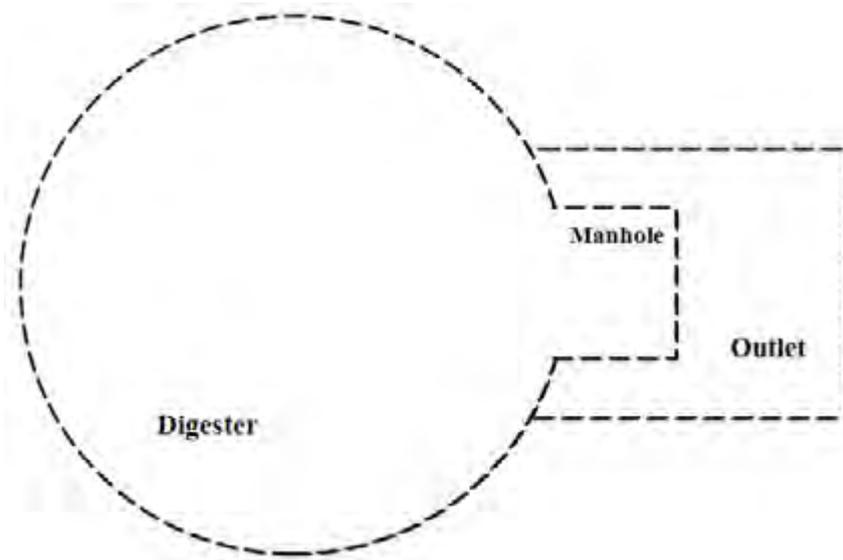
d. Ambil jarak sepanjang 20 cm dari ujung R_2, garis ini merupakan lebar balok pendukung kubah pada lubang *manhole*.

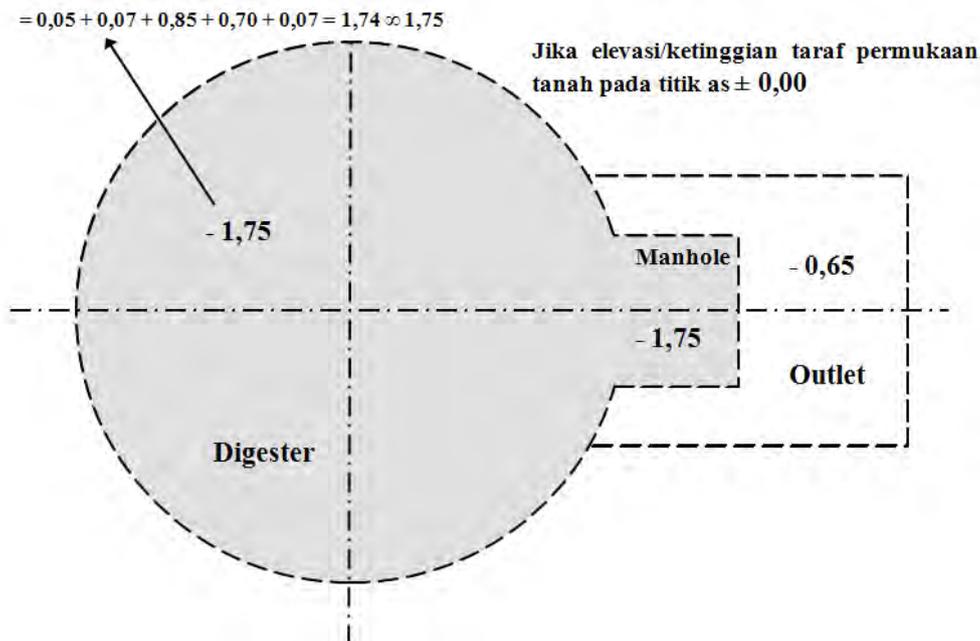
e. Kemudian ambil jarak 75 cm dari balok tersebut. Garis ini merupakan panjang lubang *manhole* ditambah tebal pasangan dinding *manhole*. Tebal pasangan diambil 15 cm.

f. Gambarkan garis sepanjang 90 cm tegak lurus garis as. Garis ini merupakan lebar *manhole* ditambah 2 kali lebar pasangan dinding *manhole*.

g. Kemudian gambarkan garis dari ujung balok sepanjang 175 cm. Garis ini merupakan panjang *outlet* ditambah tebal pasangan dinding *outlet*.

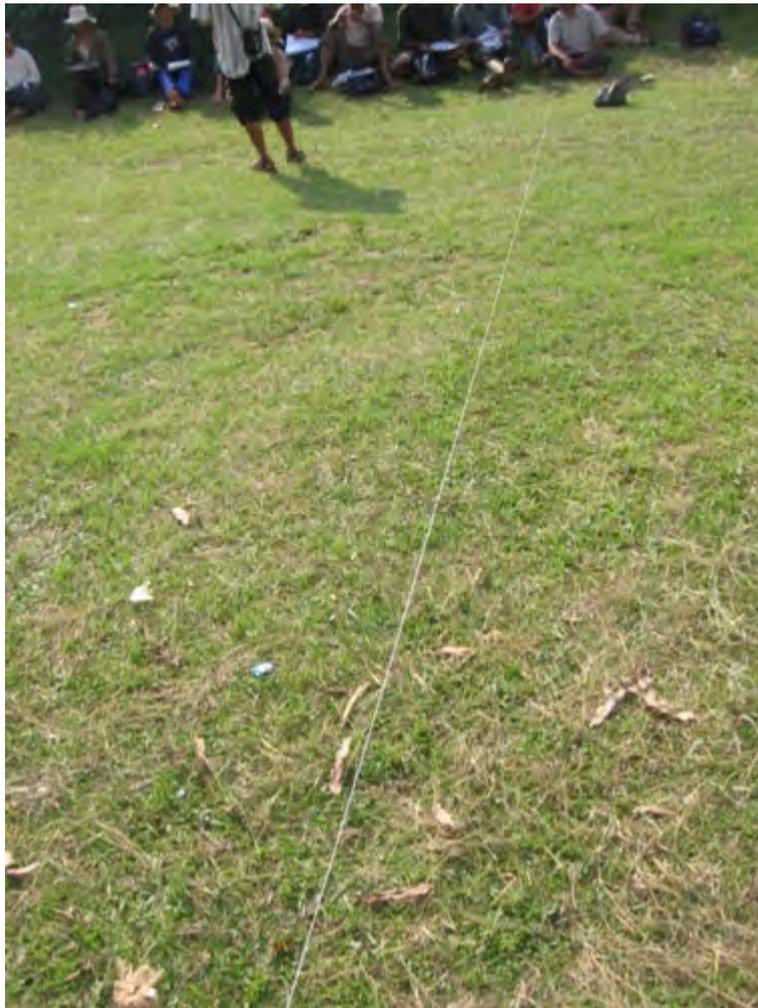
h. Gambarkan garis sepanjang 160 cm tegak lurus garis as. Garis ini merupakan lebar *outlet* ditambah 2 kali lebar pasangan dinding *manhole*.

Gambar 181. Dimensi reaktor biogas ukuran $6m^3$

i. Gunakan kapur atau semen berwarna untuk menandai radius lingkar luar lantai pondasi dan untuk rencana lokasi *manhole* dan *outlet*. Sehingga didapat gambar *lay out* seperti gambar berikut ini.

Gambar 182. Lay out reaktor yang harus digali

5) Apabila gambar *lay out* telah dibuat, maka selanjutnya adalah melakukan penggalian lubang. Kedalaman lubang reaktor yang ideal adalah seperti ditunjukkan pada gambar berikut.

Gambar 183. Elevasi tanah dasar setiap bagian reaktor biogas

6) Penggalian dilakukan per dimensi yang ditetapkan di *lay out*.
7) Jika ada air yang keluar harus disedot dan dikeringkan.

8) Selalu pastikan tanah yang telah digali, tidak dibuang. Hal ini dimaksudkan untuk dijadikan cetakan kubah (*dome*) dan simpan setidaknya $2m^3$.
9) Berhati-hatilah untuk menghindari kecelakaan pada saat menggali di dekat sisi-sisi lubang dimana tanah bisa saja runtuh.
10) Pancang tiang vertikal (pipa besi) ditengah tengah sebagai panduan konstruksi dinding *digester*.

Berikut ini adalah gambar-gambar yang menunjukkan praktek pembuatan gambar *Lay out* untuk pembuatan reaktor :

Gambar 184. Menarik garis as reaktor biogas

Gambar 185.Menentukan as tangki pencerna

Gambar 186. Mengukur diameter tangki pencerna

Gambar 187. Membuat garis diameter tangki pencerna

Gambar 188. Mengukur dimensi *manhole*

Gambar 189. Memberi garis *manhole*

Gambar 190. Mengukur dan menandai *outlet*

Gambar 191. Gambar lay out galian reaktor biogas

Gambar kotak persegi di sebelah *inlet* merupakan rencana letak toilet (jamban) keluarga

c. Rangkuman

d. Tugas

e. Tes Formatif

Pilihlah jawaban yang benar dari pertanyaan yang diberikan di bawah ini:

1)
   a.
   b.
   c.
   d.

2)
   a.
   b.
   c.
   d.

3)
   a.
   b.
   c.
   d.

4)
   a.
   b.
   c.
   d.

5)
   a.
   b.
   c.
   d.

6)
   a.
   b.
   c.
   d.

7)
   a.
   b.
   c.
   d.

8)
   a.
   b.
   c.
   d.

9)
   a.
   b.
   c.
   d.

10)

a.

b.

c.

d.

f. Kunci Jawaban Tes Formatif

g. Lembar Kerja Peserta didik

BAB III. EVALUASI

A. Attitude skills

B. Kognitif skills

C. Psikomotorik skills

D. Produk/benda kerja sesuai kriteria standar

E. Batasan waktu yang telah ditetapkan

F. Kunci jawaban

DAFTAR PUSTAKA

[1] A Fine Homebuilding Book, *Foundations and Masonry*, Taunton Press, Inc, Connecticut, 1990.

[2] Arief Lukman Hakim, Irwan NZ, *Petunjuk Tehnis Pembuatan Biogas Plastik Skala Rumah Tangga*, Materi Pelatihan Bagi Pelatih Sekolah Lapangan KSS PHBM KERJASAMA ESP-USAID DENGAN PERUM PERHUTANI, Malang, 2008.

[3] Bailey H. And D.W. Hancock, *Brickwork and Associated Studies*, Volume 1, 2, 3, The Macmillan Press Ltd, London, 1979

[4] *Bioenergy International*, www.bioenergyinternational.com

[5] *Biofuels International Magazine*, Issue 5, Volume 6, June 2012, Horseshoe Media Limited, ISSN 1754 – 2170, Surrey – England, 2012.

[6] Buku Panduan Energi yang Terbarukan, www.containedenergy.com

[7] Departemen Pekerjaan Umum, *Keselamatan dan Kesehatan Kerja Konstruksi*, Badan Penerbit PU, Jakarta, 1990.

[8] Department of Labor and Immigration – *Basic Trade Manual* – 13.1 Bricklaying Fundamentals, Australian Government Publishing Service, Canberra, 1975.

[9] Hodge, J.C., *Brickwork for Apprentice*, Third Edition (Metric Units), Edward Arnold (Publishers) Ltd., London, 1979.

[10] http://www.biru.or.id

[11] Karki, A.B., Shrestha, J.N., Bajgain, Sundar and Sharma, Isha, *Biogas*, Repro Vision Press (P) Ltd, Kathmandu, 2nd Edition, July 2009.

[12] Kicklighter, Clois E., *Modern Masonry*, The Goodheart-Willcox Company, Inc Publishers, South Holland – Illinois, 1977.

[13] Kreh Sr., R.T., *Masonry Skills*, Delmar Publishers, New York, 1976.

[14] McKay, W.B., *Brickwork*, Third Edition (Metric), Longman Publishers, London, 1974.

[15] Modul-modul untuk Diklat Biogas bagi staf P4TK BMTI Bandung, 2009 – 2010.

[16] Murdiati Munandar, Ir., Dipl.E.Eng. “*Ketentuan Dinding Tembok di Wilayah Gempa*“, Buletin Pengawasan, LIPI, 2001.

[17] Nash, W.G., *Brickwork Bonding Problems and Solutions*, Hutchinson & Co (Plubishers) Ltd, London, 1977.

[18] P3GT Bandung, *Modul Konstruksi Batu*, 1985.

[19] *Panduan Permakultur Menuju Hidup Lestari*, Modul 12. Teknologi Tepat Guna, Penerbit Badan Penelitian dan Pengembangan Pertanian, Departemen Pertanian, Jakarta, 2009.

[20] RSNI3-7826-2012,*Unit Penghasil Biogas Dengan Tangki Pencerna (Digester) Tipe Kubah Tetap dari Beton*.

[21] Smith, S., *Brickwork*, Second Edition, Macmillan Press Ltd, London, 1978.

[22] SNI 03-0349-1989,*Bata beton Untuk Pasangan Dinding*

[23] SNI 03-2049-1991,*Mutu dan Cara Uji Bata Merah Pejal*

[24] SNI 07-0242.1-2000, *Spesifikasi Pipa Baja yang dilas dan tanpa sambungan dengan lapis hitam dan galvanis panas*.

[25] SNI 07-2052-2002, *Baja tulangan beton*.

[26] SNI 15-2049-2004, *Semen portland*.

[27] SNI 15-7064-2004, *Portland Composite Cement*.

[28] Swedish Gas Technology Centre LTD, *Basic Data on Biogas*, ISBN: 978-91-85207-10-7, Malmő – Sweden, 2012.

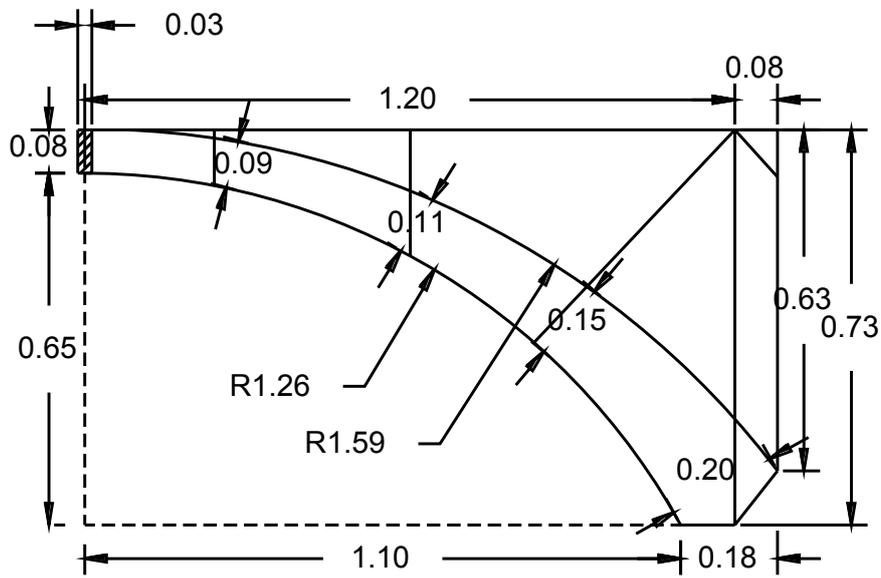
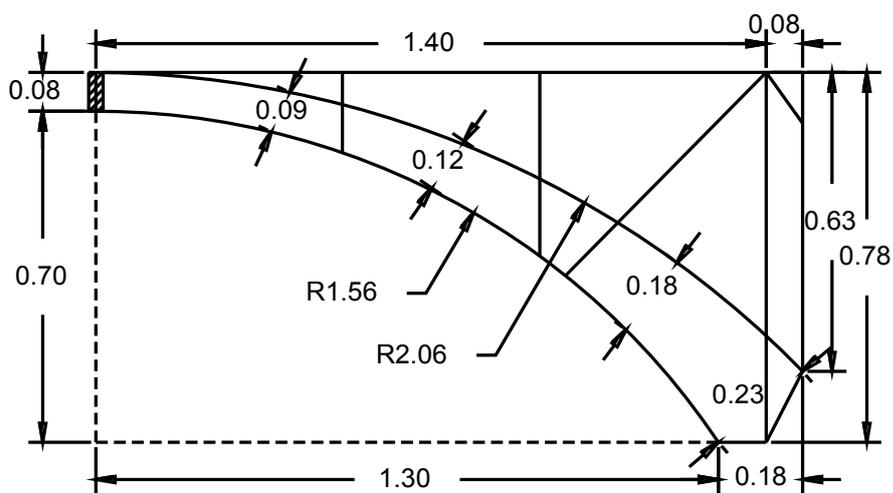
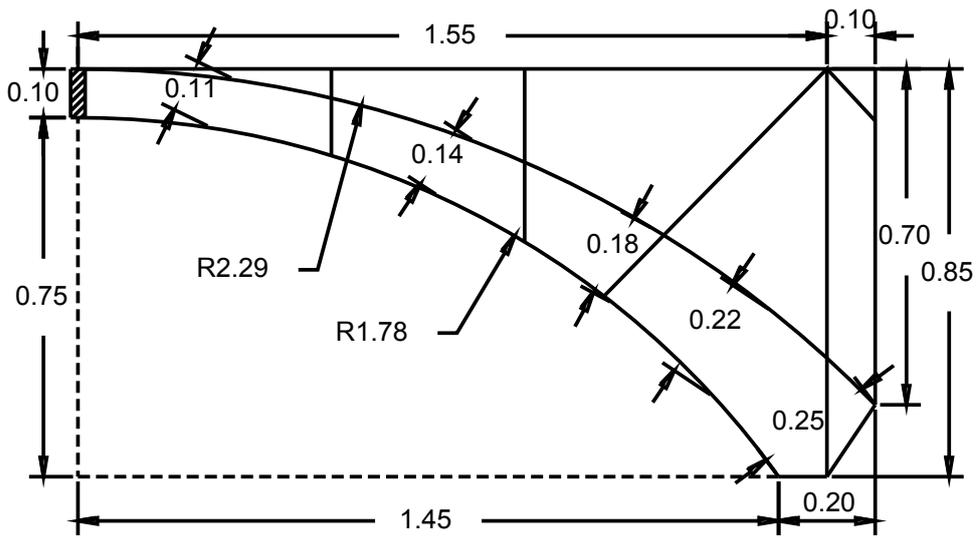
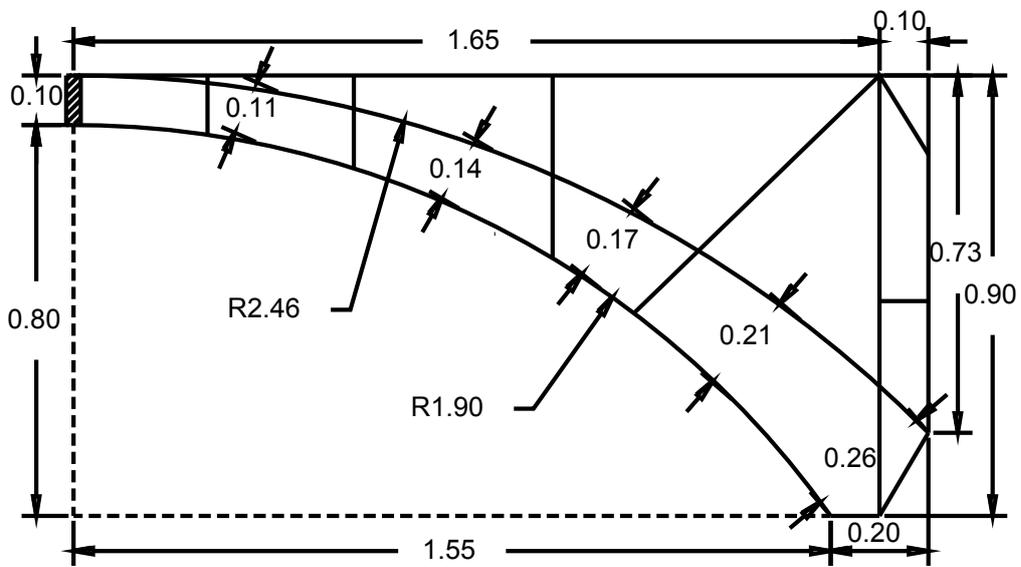
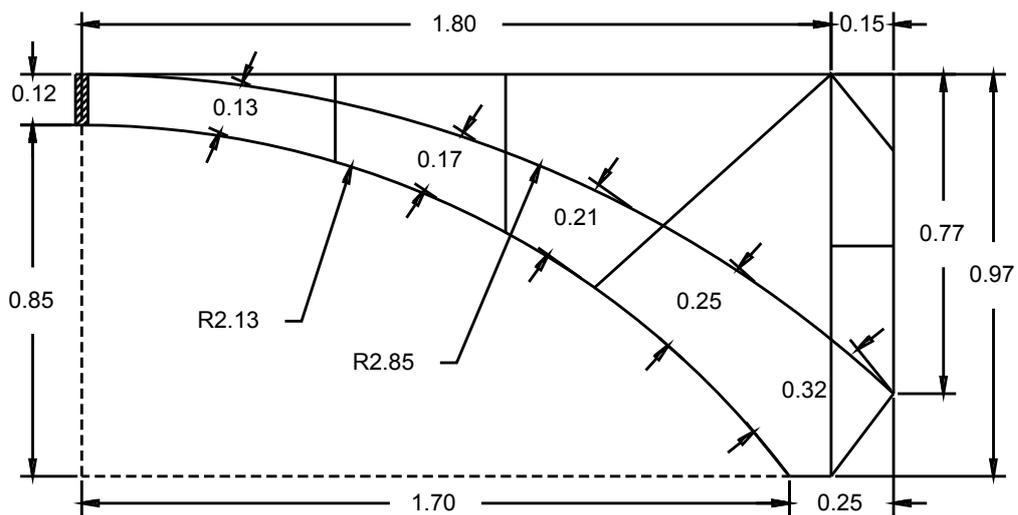
[29] *Taiyo Nippon Sanso Corporation*, Brochure, Tokyo, 2012.

[30] The US Department of The Army, *Concrete, Masonry and Brickwork*, Dover Publcations Inc, New York, 1975.

[31] *Tukang Pasang Bata*, Buku Informasi, Pusat Pembinaan Kompetensi dan Pelatihan Konstruksi, Kementerian Pekerjan Umum, 2011

LAMPIRAN

1. Gambar cetakan kubah untuk volume tangki pencerna 4 m^3, 6 m^3, 8 m^3, 10 m^3, dan 12 m^3.

Revised Template Drawings for IDBP

4 m3 biogas Plant Template

6 m3 biogas Plant Template

8 m3 biogas Plant Template

10 m3 biogas Plant Template

12 m3 biogas Plant Template

Sumber: Program BIRU - HIVOS